

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und
Ernährungsphysiologie
im Fachbereich Tiermedizin der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:
Prof. DDr., Dr. mult. h.c. J. Brüggemann

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE CELLULOLYTISCHE AKTIVITÄT IM RUMINO-
RETICULUM UND ÜBER DIE KONZENTRATIONSÄNDERUNGEN VON LIGNIN,
CELLULOSE UND ROHPROTEIN IM VERLAUF DES VERDAUUNGSTRAKTES DER
GEMSE (RUPICAPRA R. RUPICAPRA, LINNE, 1758).

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von Jutta Laubner
aus Bad Mergentheim

München 1976

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und
Ernährungsphysiologie
im Fachbereich Tiermedizin der Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Zucker

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:
Prof. DDr., Dr. mult. h.c. J. Brüggemann

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE CELLULOLYTISCHE AKTIVITÄT IM RUMINO-
RETICULUM UND ÜBER DIE KONZENTRATIONSÄNDERUNGEN VON LIGNIN,
CELLULOSE UND ROHPROTEIN IM VERLAUF DES VERDAUUNGSTRAKTES DER
GEMSE (RUPICAPRA R. RUPICAPRA, LINNE, 1758).

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von Jutta Laubner
aus Bad Mergentheim

München 1976

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs Tiermedizin der
Universität München

Dekan:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Referent:	Prof. DDr. Dr.h.c. mult. J. Brüggemann
Korreferent:	Prof. Dr. G. Dirksen

Tag der Promotion: 30. Juli 1976



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung	1
2. Literatur	
2.1 Biotop und Ernährung der Gemse	3
2.2 Vergleichende Daten über die funktionell-anatomischen Verhältnisse des Verdauungstraktes wildlebender Wiederkäuer	7
2.3 Verdauungsvorgänge im Magen-Darmtrakt	
2.3.1 Bedeutung des Pansens, biochemische Leistungen seiner Mikroorganismen in Bezug auf Gerüstkohlenhydrate	9
2.3.2 Verdauungsvorgänge im weiteren Verlauf des Intestinaltraktes	13
2.4 Verfahren zur Untersuchung von Verdauungsvorgängen bei Wiederkäuern	15
3. Problemstellung	18
4. Material	19
5. Methodik	22
5.1 Gewichtsmessungen am Magen-Darmtrakt und Probennahme zur Bestimmung von Rohprotein, Cellulose und Lignin	22
5.2 Messung der Wasserstoffionenkonzentration	22
5.3 Trockensubstanzbestimmungen in den Ingesta	23
5.4 Probennahme für die in vitro-Inkubation	23
5.5 In vitro-Inkubation des Panseninhaltes	23
5.6 Chemische Analysen	26

	Seite
5.6.1 Cellulosebestimmung in Gäransätzen mit Reinsubstrat	26
5.6.2 Lignin- und Cellulosebestimmung in Gäransätzen mit gemischtem Wiesenheu	27
5.6.3 Chemische Bestimmungen in den Ingesta der einzelnen Magen-Darmabschnitte	28
a) Ligninbestimmung	28
b) Cellulosebestimmung	29
c) Rohproteinbestimmung	29
5.7 Formeln für die Verdaulichkeitsberechnungen	30
5.8 Statistische Auswertung der Ergebnisse	31
6. Ergebnisse	32
6.1 Gewichtserhebungen, Bestimmungen der Trockensubstanz und pH-Messungen am Magen-Darmtrakt	32
6.2 Cellulolytische Aktivität im Pansen	37
6.3 Bestimmung des Gehaltes an Lignin, Cellulose und Rohprotein in den Ingesta entlang des Verdauungstraktes	40
6.4 Berechnung des Celluloseabbaus und der Konzentrationsänderung von Rohprotein in den distalen Verdauungstraktabschnitten sowie der Gesamtverdaulichkeit der Futtertrockenmasse	51
7. Diskussion	56
8. Zusammenfassung	67
9. Summary	69
10. Literaturverzeichnis	71

1. EINLEITUNG

Das Gamswild (*Rupicapra rupicapra rupicapra*, Linné 1758) zählt neben Reh- und Rotwild zu den wildlebenden Wiederkäuern Mitteleuropas. Sein natürlicher Lebensraum sind alpine und subalpine Regionen. Durch künstliche Einbürgerung ist es heute auch in Mittelgebirgszonen vertreten und hat sich dort gut an den veränderten Biotop angepaßt.

Die Gemse ist als Wiederkäuer durch ihr Vormagensystem besonders befähigt, faserreiche Pflanzennahrung für ihren täglichen Bedarf auszunutzen. Die Cellulose, ein Hauptbestandteil der pflanzlichen Faser und wichtige Energiequelle, wird im Pansen von den anaeroben, cellulolytischen Mikroorganismen abgebaut. Aus diesem Grund können die Wiederkäuer gut in Gebieten mit zeitweise minderer Nahrungsqualität leben, wie gerade die Gemse im Alpenraum, die sich oftmals in den Randzonen der Vegetation aufhält.

Über den Abbau der Nahrungsstoffe im Pansen der Hauswiederkäuer (z.B. Rind, Schaf und Ziege) liegen umfassende Untersuchungen vor. Die entsprechenden Vorgänge im Pansen der wildlebenden Wiederkäuer sind bisher wenig erforscht. Es ist zwar anzunehmen, daß die an Hauswiederkäuern gewonnenen Ergebnisse beim Wildtier nicht grundsätzlich abweichen. Quantitative Unterschiede zum Nahrungsabbau entlang des Verdauungstraktes der Wildwiederkäuer werden sich jedoch durch die verschiedenen Lebensräume mit ihrem vielfältigen Nahrungsangebot und durch das unterschiedliche Äsungsverhalten des Wildes bzw. zwischen den verschiedenen Wildwiederkäuerarten ergeben.

Herr Prof. DDr., Dr.mult.h.c. Johannes Brüggemann hat mir die Aufgabe gestellt, Untersuchungen über den Abbau pflanzlicher

Faser und über die Konzentrationsänderungen von Rohprotein in Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum von Gemsen durchzuführen unter Verwendung von Lignin als natürlichem Indikator für die Verdaulichkeit des Futters.

2. L I T E R A T U R

2.1 Biotop und Ernährung der Gemse

Die Gemse gehört zu den Gebirgsantilopen und gilt als sehr anpassungsfähig (BUBENIK 1959).

Schon im Tertiär war sie, wie aus Knochenfunden hervorgeht, ein vorwiegender Gebirgs- und Hochsteppenbewohner (BUBENIK 1959, GRZIMEK 1968). Durch die Vergletscherung im Diluvium wurde sie in tiefere Regionen abgedrängt (BUBENIK 1959). Heute ist der Hochgebirgswald bzw. sind subalpine Regionen bis über die Latschengrenze hinaus der bevorzugte Biotop. Das heutige Verbreitungsgebiet der Gemse erstreckt sich von den Pyrenäen über die Alpen bis zu den Karpaten und über den Kaukasus bis nach Kleinasien (BUBENIK 1959). Mit Erfolg hat man die Gemse auch im Schwarzwald (LEONHARD 1955), im Elbsandsteingebirge (BRIEDERMANN 1961), im Schweizer Jura (BRODBECK 1960) und sogar in Neuseeland (CAUGHLEY 1963) eingebürgert.

Die Biotopansprüche der Gemse sind jahreszeitlich verschieden (HOFMANN UND NIEVERGELT 1972). Im Winter hält sie sich hauptsächlich in der windgeschützten Waldzone auf. Dabei ist die thermische Behaglichkeit ausreichender Ernährung gegenüber vorrangig (SCHRÖDER 1971). Im Sommer ist sie vor allem an den waldfreien Hängen der alpinen Stufe anzutreffen. Dabei überschneiden sich ihre Aufenthaltsräume zum Teil mit denen von Reh- und Rotwild (HOFMANN UND NIEVERGELT 1972).

Beim Gamswild können ähnlich wie beim Rehwild (MRAZ 1960, KLÖTZLI 1965) Äsungszentren in Pflanzengesellschaften mit besonders beliebten Äsungspflanzen und einem besonders

reichlichen Nahrungsangebot festgestellt werden (MAYER und STEINHAUSER 1967).

Die bevorzugten und gehaltvollsten Äsungspflanzen sind meist nur in begrenztem Umfang vorhanden. Deshalb benötigt das Wild einen entsprechend weiten Lebensraum, damit eine möglichst wertvolle Nahrung sichergestellt werden kann (MAYER und STEINHAUSER 1967).

Die Gemse gehört zu den tagesaktiven Tieren (15, 24, 103). Die Futtersuche beginnt schon vor Sonnenaufgang, um die Mittagszeit tritt eine längere Ruheperiode ein und am Nachmittag beobachtet man wieder eine längere Äsungsperiode (BUBENIK 1959). Während der Nacht ruht die Gemse. BRIEDERMANN (1961) berichtet, daß sich die Gamsen beim letzten Licht zur Ruhe legen und beim ersten Morgengrauen vom selben Platz wieder erheben. Dieser "Hell-Dunkel-Rhythmus" besteht aus einem Wechsel von aktiven (Lokomotion, Futteraufnahme, Rumination) und passiven (Ruhe, Schlaf) Phasen. Auch NASSIMOWITSCH (1949) und KOTOW (1960) (beide zitiert nach BRIEDERMANN 1965) stellten ein morgendliches und ein abendliches Aktivitätsmaximum fest.

Die Nahrung ist in erster Linie abhängig vom jahreszeitlichen Pflanzenangebot und vom Biotop. Außerdem variiert das Nahrungsmuster je nach Alter, Geschlecht, Brunft und Laktation (MAYER und STEINHAUSER 1967).

Für die qualitative und quantitative Ermittlung der Nahrungsbestandteile des Wildes kann nach verschiedenen Methoden vorgefahren werden.

MAYER und NERL (1961) stellten an Wechsellern und Einständen von Gamswild die dort verbissenen Pflanzen fest. Zwischenflächen wurden nur stichprobenweise überprüft. Diese Methode ist sehr aufwendig und liefert nur Näherungswerte.

Genauere Werte werden durch systematische, botanische Panseninhaltsanalysen am toten Tier erhalten.

Derartige Untersuchungen liegen vor von WEYER (1974) an Gamsen auf bayerischem Gebiet, von DRESCHER-KADEN (1975) an österreichischen und bayerischen Gamsen sowie von ONDERSCHEKA und JORDAN (1974) an Gamsen der österreichischen Alpen.

HEGG (1961) stellte die von Reh-, Rot- und Gamswild aufgenommenen Pflanzenbestandteile durch Färbung der Cuticula-reste im Kot dar.

FUSCHLBERGER (1939) nahm an, daß das Gamswild fast alles äst, "was da droben in den Bergen grünt und sprießt". Auch nach KNAUS (1960) trifft das Gamswild keine besondere Futterauswahl. BUBENIK (1959) behauptet, daß die natürliche Nahrungsauswahl des Gamswildes hauptsächlich aus Gebirgsgräsern, -kräutern und Halbsträuchern besteht.

Neuere Untersuchungen haben ergeben, daß das Gamswild ähnlich dem Rehwild das vorhandene Nahrungsangebot sehr sorgfältig selektiert, wobei in der Regel auch die beliebtesten Pflanzen am intensivsten verbissen werden (MAYER und STEINHAUSER 1967).

Die Gamsen nehmen zwischen den "Rauhfutterfressern" oder "Grazers" (Schaf, Muffelwild) und den "Konzentratselektierern" oder "Browsers" (Rehwild) eine Zwischenstellung ein. Die Rauhfutterfresser besitzen einen relativ großen Pansen und kleinen Labmagen. Ihre Nahrung setzt sich bei freier Nahrungswahl vermehrt aus Gräsern (bis zu 80 %) und weniger aus Kräutern und Laub (bis zu 20 %) zusammen. Die Konzentratselektierer hingegen haben einen relativ kleinen Pansen und großen Labmagen. Sie nehmen bei freier Nahrungswahl bis

zu 80 % Kräuter und Laub und nur etwa 20 % Gräser auf.

Im Sommer setzt sich die Nahrung der Gamsen, ähnlich der von "Konzentratsselektierern", vermehrt aus Kräutern und Laub zusammen. Mit Hilfe der Färbung der Cuticulareste im Kot von Gamsen fand HEGG (1961) einen Kräuteranteil von 86 %. FUSCHLBERGER und NERL (1969) schreiben, daß Gamsen 70 % Kräuter und 10 % Gräser aufnehmen. Von DRESCHER-KADEN (1975) durchgeführte botanische Panseninhaltsanalysen ergaben 50 % Gräser und 50 % Kräuter und Laub von Sträuchern. Auch ONDERSCHEKA und JORDAN (1974) berichten von ähnlichen Werten. WEYER (1974) stellte dagegen in anderen Gebieten einen überwiegenden (bis zu 96 %) Gräseranteil im verzehrten Pflanzenmaterial fest.

Bevorzugt werden weichblättrige Kräuter, vor allem viele Heilkräuter, alle Kleearten, wohl wegen des hohen Protein-gehaltes, Heidelbeeren, Heckenrose und Schneeheide (BUBENIK 1959, FUSCHLBERGER und NERL 1969). Auffällig ist, daß auch offizinelle Pflanzen, die für den Menschen stark toxisch sind, wie Tollkirsche, gelber Fingerhut und weisser Germer, aufgenommen werden (KNAUS 1960, MAYER und STEINHAUSER 1967).

Der Winter ist die Jahreszeit der größten Arealbeschränkung und somit höchster intraspezifischer Nahrungskonkurrenz (MAYER und STEINHAUSER 1967, SCHRÖDER 1971). In dieser Jahreszeit tendiert das Gamswild mehr zu den "Rauh-futterfressern". Nach BUBENIK (1959) ernährt es sich hauptsächlich von überständigen Gräsern, Sträuchern (hier vor allem von Knospen), Flechten und Moosen; vor allem die letzteren zwei Pflanzengruppen sind als Notäsung anzusehen.

Nach Untersuchungen von HEGG (1961), nehmen die Gamsen im Winter bis zu 73 % Gräser und 32 % Kräuter auf. Laub- und

Nadelbäume (Fichte, Tanne, Latsche) werden ebenfalls in dieser Zeit besonders stark verbissen, so daß der Erfolg der Naturverjüngung des Waldes vielfach in Frage gestellt wird (25, 70, 82, 103).

2.2 Vergleichende Daten über die funktionell-anatomischen Verhältnisse des Verdauungstraktes wildlebender Wiederkäuer

Pflanzenfresser besitzen die Fähigkeit, schwer verdauliche Pflanzenkost, vor allem cellulosereiche Pflanzen mit Hilfe ihrer endosymbiotischen Mikroorganismen abzubauen. Diese erschließen damit dem Organismus wertvolle Energiequellen (18, 48, 110). Die Mikroorganismen sind in bestimmten Aussackungen des Verdauungstraktes zu finden, die bei den Wiederkäuern das sogenannte Vormagensystem (Proventriculus) bilden.

Der Pansen gliedert sich in einen dorsalen und ventralen Pansensack mit entsprechenden Blindsäcken. Bei der Gemse ist der dorsale und ventrale Pansensack etwa gleich groß (LANGER 1973), während der ventrale Pansensack beim Rehwild etwas kleiner ist als der dorsale. Das Rotwild hat einen dorsalen und zwei ventrale Blindsäcke (BUBENIK 1959, HOFMANN et al. 1976).

An den Pansen schließt sich die Haube an. Diese beiden Abteilungen bilden zusammen eine Funktionseinheit (Ruminoreticulum)⁺, den mikrobiellen Verdauungsraum im engeren Sinn. Sie stellen den geräumigsten Teil des Magentraktes dar, da hier bereits der größte Teil der Nahrung von den Mikroorganismen abgebaut wird. Außerdem dient das Rumin-

⁺Das Ruminoreticulum wird aus diesem Grund im Verlauf der Arbeit auch als Pansen bezeichnet.

reticulum den Wiederkäuern als Nahrungsspeicher. Dies ist vor allem für die wildlebenden Wiederkäuer zur Feindvermeidung von großer Bedeutung, da sie auf diese Weise beim Fressen rasch große Nahrungsmengen aufnehmen können, die sie erst später in Ruhe wiederkauen.

Nach DRESCHER-KADEN (1975) beträgt der Gewichtsanteil des gefüllten Ruminoreticulum der Gemse am Körpergewicht (KGW) etwa 15 %; für Rotwild ergibt sich ein Gewichtsanteil von etwa 16 %, für Rehwild dagegen ein Anteil von nur 9 %. Das maximale physikalische Fassungsvermögen des Pansen-Haubenraumes der Gemse beträgt im Durchschnitt 29 ± 6 Liter/100 kg KGW. Beim Rotwild wurden ähnliche, beim Rehwild jedoch niedrigere Werte ermittelt. Die Ausnutzung des Pansen-Haubenraumes durch die aufgenommene Futtermenge ist bei Gemen und Rotwild etwa gleich hoch, nämlich pro 100 Liter maximales Fassungsvermögen etwa 50 kg Futter, beim Rehwild mit ca. 35 kg Futter/100 Liter maximales Fassungsvermögen geringer.

Im Ruminoreticulum von vorwiegend mit Heu gefütterten Schafen befinden sich nach ROGERSON (1958) etwa 2/3 der im Verdauungstrakt befindlichen Trockenmasse. Ähnliche Verhältnisse liegen auch bei Gemen vor, deren Ruminoreticulum im Sommer etwa 65 % der im gesamten Verdauungskanal befindlichen Trockensubstanzmenge enthält.

Der Abomasus der Gemse und auch der des Rotwildes (BUBENIK 1959) ist relativ klein -wie bei den Rauhfutterfressern-, während er beim Rehwild etwas geräumiger ist (BUBENIK 1959, DRESCHER-KADEN 1975).

Caecum und Colon, in denen ebenfalls Gärprozesse stattfinden, sind jedoch gegenüber dem Vormagensystem und auch dem großen Caecum monogastrischer Tiere (Rodentia, Equidae, Suidae) unterentwickelt. Das Caecum der Gemse ist nach

BUBENIK (1959) geräumiger als das Caecum des Muffelwildes und auch als das der Geweihträger. Nach neueren Untersuchungen von DRESCHER-KADEN (1975) hingegen ergibt sich beim Vergleich des maximalen physikalischen Fassungsvermögens von Ruminoreticulum und Caecum bei der Gemse mit 17 : 1 ein weiteres Verhältnis als bei Rotwild mit 15 : 1 und vor allem bei Rehwild mit nur 10 : 1.

2.3 Verdauungsvorgänge im Magen-Darmtrakt

2.3.1 Bedeutung des Pansens, biochemische Leistungen seiner Mikroorganismen in Bezug auf die Gerüstkohlenhydrate.

Im Ruminoreticulum mit seiner vielfältigen Mikroorganismenflora und -fauna findet ein ausgedehnter Nahrungsabbau und -umbau statt. Die mikrobielle Pansenpopulation ist vor allem abhängig von der Beschaffenheit des aufgenommenen Futters, wie dies schon lange von den Hauswiederkäuern bekannt ist. In ihrem Ruminoreticulum werden bis zu 90 % der verdaulichen Nahrungssubstanz abgebaut. Als wichtige Fermentationsprodukte entstehen unter anderem flüchtige Fettsäuren (FFS), die nach Resorption den größten Energielieferanten für den Wiederkäuer darstellen (HUNGATE 1966).

Seit einigen Jahren werden diese Prozesse auch bei den verschiedensten freilebenden Wiederkäuern näher untersucht (20, 21, 22, 34, 43, 58, 98).

So kann das verzehrte Pflanzenmaterial durch botanische und chemische Panseninhaltsanalysen näher ermittelt werden. Zur Feststellung der biochemischen Leistungen der Pansenmikroorganismen dienen "in vitro-Versuche". Sie ermöglichen

Rückschlüsse auf die Art und den Umfang des Nahrungsabbaus bei den einzelnen Species.

Aufgrund der bisher erhaltenen Ergebnisse über das Äsungsverhalten, über den Bau und die Auskleidung der Verdauungstraktabschnitte sowie über die mikrobielle Besiedlung und die Verdauungsvorgänge im Ruminoreticulum können die verschiedenen Wildwiederkäuer unterschiedlichen Ernährungstypen zugeordnet werden. Doch wird die Nahrungszusammensetzung außerdem von der Jahreszeit und dem Biotop stark beeinflusst.

Analysen des Panseninhaltes bei Reh-, Rotwild und Gamsen haben z.B. ergeben, daß der Rohproteingehalt beim Rehwild höher ist als bei Rotwild und Gamsen desselben Gebietes und in der vergleichbaren Jahreszeit. Der Rohfasergehalt dagegen ist erheblich niedriger als bei Rot- und Gamswild (ONDERSCHEKA 1974, DRESCHER-KADEN 1975).

So nimmt Rehwild als Vertreter der Konzentratsselektierer proteinreiche, relativ leicht verdauliche, wenig faserhaltige Nahrung zu sich. Seine mikrobielle Besiedlung im Ruminoreticulum ist typisch für Konzentratsselektierer. Die amylolytische Aktivität im Pansen ist sehr viel stärker ausgeprägt als die cellulolytische (35, 43, 98). Gamsen und Rotwild verzehren als "Mischäser" mehr langsam fermentierbare Rohfaser. Sie haben ein stärker ausgebildetes Vormagensystem mit einer anderen mikrobiellen Pansenpopulation als Rehwild. Die cellulolytische Aktivität ist mit ca. 10 g Cellulose/Liter Pansensaft und Tag bei diesen beiden Species im Vergleich zum Rehwild mit 4,5 g Cellulose/Liter Pansensaft und Tag sehr hoch (34, 43).

Im Sommer ist die tägliche Celluloseumsatzrate bei allen drei Wildarten niedriger als im Winter, da die Tiere in

dieser Jahreszeit allgemein leichter verdauliche Nahrung vorfinden, die den Pansen schneller passiert. Mit fortschreitender Vegetationsperiode nimmt der Rohfasergehalt in den Pflanzen zu. Die aufgenommene Nahrung wird schwerer verdaulich und passiert den Pansen langsamer. Nach BRÜGGE-MANN et al. (1963) wird die cellulolytische Aktivität mit steigendem Rohfasergehalt im Panseninhalt von Rotwild größer. Auch HENSCHEL (1967) kam bei Rotwild und FELBER (1968) bei Reh- und Rotwild zu ähnlichen Ergebnissen.

Die sogenannte Rohfaser setzt sich aus Cellulose, Hemicellulosen, Pentosanen und inkrustierenden Substanzen wie Lignin zusammen. Zwischen den einzelnen Rohfaserbestandteilen bestehen enge Beziehungen (BECKER und MOSLENER 1950). Die Cellulosemoleküle sind langgestreckt und parallel zueinander gelagert. Lignin durchdringt die Verdickungsschichten der Zellwand und füllt maschenartige Zwischenräume zwischen den Cellulosefibrillen aus (7,90).

Die Celluloseverdauung im Ruminoreticulum kann durch N-Verbindungen, z.B. Harnstoff, gefördert werden (8, 19, 26, 71). Auch bestimmte FFS wie i-Buttersäure, n- und i-Valeriansäure, Capronsäure sowie Vitamine der B-Gruppe sind wichtig für den Celluloseabbau (9, 10). Negativ beeinflusst wird die Celluloseverdauung durch den steigenden Ligningehalt in der Rohfaser mit fortschreitender Vegetationsperiode (30, 90), da die Cellulose nun nicht mehr so gut von den Mikroorganismen angegriffen werden kann (12, 57, 73, 76, 88, 90, 91, 101, 104, 105, 108). Nach SULLIVAN (1962) und VAN SOEST (1966) wird die Verdaulichkeit des Pflanzenmaterials deshalb erniedrigt, weil die mikrobiellen Enzyme die Lignininkrustierung der Mikrofibrillen nicht auflösen bzw. die Ligninpolymere nicht abbauen können.

Bezüglich der Verdaulichkeit des Lignins werden die verschiedensten Meinungen vertreten. Für eine Reihe von Autoren

ist Lignin, auch für den Wiederkäuer, nur wenig verdaulich (30, 44, 51, 55, 58, 96). Im Gegensatz dazu stehen Arbeiten von BADAWY et al. (1958), die bei Schafen einen Verdaulichkeitskoeffizienten von 22 % errechneten und LENKEIT und SIECK (1956), die an Schafen bei Rüben-Frischblattfütterung eine Ligninverdaulichkeit von 50 - 55 % und bei Fütterung von getrocknetem Rübenblatt von 10 - 20 % feststellten. Nach NEHRING und LAUBE (1955) kann die Ligninverdaulichkeit von Stroh beim Wiederkäuer 20 % erreichen. Auch im Verdauungskanal von Kaninchen wiesen LENZ und SCHÜRCH (1966/67) bei reinem, aus Tannenholzsägemehl isoliertem Lignin eine Verdaulichkeit von 40 % nach.

Der Gehalt an Gerüstsubstanzen beeinflusst nur wenig die Rohproteinverdaulichkeit. Diese ist in erster Linie abhängig vom Rohproteingehalt der Nahrung (90, 91) und somit im Frühsommer besonders hoch, da die Pflanzen in dieser Jahreszeit sehr viel Rohprotein enthalten (11, 37, 42, 66, 73). Nach Untersuchungen von ELLIOT und TOPPS (1963, 1964) besteht eine positive Beziehung zwischen N-Gehalt der Nahrung, Futterverzehr und Fermentationsraten im Pansen. Bei niedrigem Rohproteingehalt der Nahrung, z.B. bei den Wildwiederkäuern im Winter, können die Pansenmikroorganismen den über den rumino-hepatischen Kreislauf in den Pansen zurückströmenden Harnstoff für die mikrobielle Proteinsynthese nutzen. Dieses Mikroorganismenprotein steht dann den Wiederkäuern wieder zur Verfügung (KLEIN und SCHÖNHEYDER 1970).

Zur Aufrechterhaltung der Verdauungsvorgänge im Pansen ist jedoch ein gewisser Rohproteingehalt im Futter notwendig. Nach TORGERSON und PFANDER (1971) sollte der Rohproteingehalt im Futter von Weißwedelhirschen im Winter mindestens 7 % betragen, im Sommer werden mindestens 13 % gefordert. DROŹDŹ und OSIECKI (1973) geben für Rehwild ähnliche Werte an. Für Gamswild liegen keine entsprechenden Daten vor. Da die Gamsen jedoch zum Intermediärtyp zählen, ist zu vermuten, daß die Werte für diese Species etwas niedriger sein dürften.

2.3.2 Verdauungsvorgänge im weiteren Verlauf des Intestinaltraktes

Im Labmagen, der mit seinem Drüsenepithel dem einhöhligen Magen der anderen Tierarten entspricht, stehen proteolytische Vorgänge im Vordergrund. Der Chymus wird dann im Dünndarm weiter abgebaut und die einzelnen Nahrungsbausteine resorbiert.

GRAY (1947) zeigte an Schafen und HALE et al. (1947) an Rindern, daß von einer definierten Ration im Ruminoreticulum 70 %, im Caecum 17 % und im Colon 13 % Cellulose verdaut werden.

WARNER et al. (1968) stellten fest, daß die postruminale Verdauung von infundierter Cellulose bei Rindern, unabhängig von der Ration, 32 - 35 % umfaßt, wobei die hauptsächlichste Fermentation im Caecum erfolgte. Nach vergleichenden in vitro-Untersuchungen von BRÜGGEMANN und GIESECKE (1963) an der Mikroflora des Ruminoreticulum und Caecum von Rindern bestand in beiden Verdauungstraktabschnitten eine übereinstimmende cellulolytische Aktivität. Auch ALLO et al. (1973) fanden nach vergleichenden Untersuchungen an Schafen und Schwarzwedelhirschen übereinstimmende mikrobielle Verdauungstätigkeit in Ruminoreticulum und Caecum. Obwohl die FFS-Konzentration in beiden Verdauungstraktabschnitten auf gleich hohe cellulolytische Aktivität hinweist, ist dennoch der Fermentationsumfang im Caecum im Vergleich zum Ruminoreticulum in quantitativer Hinsicht von untergeordneter Bedeutung.

Über die mikrobiellen Vorgänge im Caecum und Colon einheimischer Wildwiederkäuer liegen bisher nur wenig Daten vor.

HENSCHEL (1967) zeigte an Rothirschen, daß die celluloly-

tische Aktivität der Pansenflora in vitro etwa dreimal so hoch ist wie die der Mikroorganismen in Caecum und Colon. Diese Daten stehen im Widerspruch zu den Befunden am Hauswiederkäuer.

Der Celluloseabbau in vivo hängt jedoch von der Verweilzeit im jeweiligen Verdauungstraktabschnitt ab. Nach COOMBE und KAY (1965) nimmt die Retentionszeit im kleinen und großen Intestinum mit der Verdaulichkeit des Futters zu. Leichter verdauliche Futter, die den Pansen schneller passieren, werden zu einem relativ größeren Anteil im Darm umgesetzt.

2.4 Verfahren zur Untersuchung von Verdauungsvorgängen bei Wiederkäuern

Die Methoden zur Ermittlung mikrobieller Leistungen im Ruminoreticulum, die heute allgemein bei Hauswiederkäuern angewendet werden, wie z.B. das Anlegen von Pansenfisteln sowie das Einbringen von mit Futterpartikeln gefüllten, engporigen Kunstfaserbeuteln in den Pansen, kamen für die eigene Arbeit nicht in Betracht, da die Untersuchungen an freilebenden Gemsen durchgeführt werden sollten.

Die Methoden der Wahl können hier nur die verschiedenen Inkubationsverfahren in vitro sein. Als brauchbar haben sich 3 Versuchsanordnungen erwiesen (GIESECKE 1964):

1. das impermeable System:
 - a) unverdünnter Pansensaft wird mit Substrat in Glasgefäßen bebrütet
 - b) Pansensaft mit einer Mineralsalzlösung als Puffer wird mit Substrat bebrütet
2. das semipermeable System:

unverdünnter Pansensaft wird mit Substrat in einen Dialysierschlauch verbracht, der sich in einer Pufferlösung befindet
3. das kontinuierliche System:

der Testkultur können kontinuierlich Nähr- und Puffersubstanzen zugeleitet werden, die entstehenden Stoffwechselprodukte werden gleichzeitig abgeführt.

Von den angeführten drei Verfahren läßt sich das impermeable System besonders einfach handhaben, und seine Geräte sind leicht zu transportieren. Daher ist es für in vitro-Untersuchungen am Wildwiederkäuer besonders geeignet (VAN DYNE 1968).

JOHNSON (1966) ermittelte ebenfalls mit Hilfe des impermeablen Systems den Abbau pflanzlicher Gerüstsubstanzen *in vitro*. Nach seinen Erfahrungen ist es vorteilhaft, Panseninhalt mit seinen faserigen Bestandteilen anstelle von grobfiltriertem Pansensaft als Inoculum zu verwenden, da die cellulolytischen Keime hauptsächlich an den grobfaserigen Pflanzenpartikeln hängen.

Die Inkubationsdauer hängt von der Art des Substrats ab; Mono- und Oligosaccharide werden in wenigen Minuten umgesetzt. Um den langsamen Abbau der Cellulose zu messen, ist es vorteilhaft, 36 - 48 Stunden zu inkubieren (VAN DYNE 1962, BOWDEN und CHURCH 1962).

Zur indirekten Verdaulichkeitsbestimmung von Futterrationen werden bei Hauswiederkäuern die verschiedensten Indikatoren verwendet.

- a) Körperfremde Indikatoren (wie $^{51}\text{Cr}^{+++}$, Cr_2O_3 , Polyäthylenglycol = PEG). Diese wurden auch schon bei zahmen Weißwedelhirschen eingesetzt (MAUTZ 1971, MAUTZ und PETRIDES 1971). Sie eignen sich jedoch nicht für Verdaulichkeitsuntersuchungen an den Wildwiederkäuern in freier Wildbahn.
- b) Da beim Wild in seinem natürlichen Habitat weder Menge noch Zusammensetzung des selektierten Pflanzenmaterials genau definiert sind, können nur in der Nahrung vorkommende, natürliche Indikatoren (wie z.B. Chromogene und Lignin) Verwendung finden unter zwei Voraussetzungen (VAN DYNE 1968):
 - 1) der Indikator sollte unverdaulich sein
 - 2) die Indikatorkonzentration muß genau bestimmt werden können.

COOK und HARRIS (1951) und VAN DYNE (1960) fanden Chromogene als Indikatoren unzulänglich.

Verschiedene Autoren arbeiteten mit Lignin als Indikator (31, 85, 99, 102).

PORTER und SINGLETON (1971) sehen den Vorteil des Lignins darin, daß es ein wesentlicher und natürlicher Nahrungsbestandteil ist. Sie setzten es als Indikator bei Verdaulichkeitsstudien an Schafen ein.

FEUSTEL (1967) verwendete ebenfalls Lignin als Indikator zur Untersuchung des Kohlenhydratabbaus in verschiedenen Teilen des Verdauungstraktes beim Rotwild.

Am Gamswild wurden bisher solche Studien noch nicht durchgeführt.

3. PROBLEMSTELLUNG

Kenntnisse über das Gebiet der Verdauungs- und Ernährungsphysiologie -bei den Hauswiederkäuern seit Jahren gut erforscht- liegen von wildlebenden Wiederkäuern, vor allem von Gensen bis jetzt nur vereinzelt vor. Durchgeführt wurden botanische Panseninhaltsanalysen sowie Untersuchungen über die fermentative Aktivität der Pansenmikroorganismen. Über die Verdauung in den distalen Verdauungstraktabschnitten ist jedoch nichts Näheres bekannt.

Einer der wesentlichsten Unterschiede zu den Untersuchungen beim Hauswiederkäuer ist, daß genau definierte Versuchsbedingungen bezüglich Rationsgestaltung und Probenentnahme zu bestimmten Zeiten nach der Nahrungsaufnahme nicht exakt einzuhalten sind.

Ziel dieser Arbeit sollte sein, mit Hilfe der in vitro-Untersuchungen Aussagen über die cellulolytische Aktivität im Ruminoreticulum von Gensen zu machen. Außerdem sollte anhand der Konzentrationsänderungen von Lignin, Cellulose und Rohprotein in den Ingesta entlang des Verdauungstraktes das Ausmaß der Verdauung in den distalen Abschnitten des Verdauungskanals festgestellt werden.

Da, wie bereits erwähnt, die Art und Menge der aufgenommenen Nahrung bei Wildwiederkäuern nicht bekannt ist, muß zur Bestimmung des Nahrungsabbaus ein in der Nahrung natürlich vorkommender, unverdaulicher Indikator verwendet werden. Aus diesem Grund sollte untersucht werden, inwieweit sich Lignin als Indikator eignet. Daher wurde in den vorliegenden Untersuchungen geprüft, ob Lignin im Ruminoreticulum der Gemse verdaut wird; wenn ja, in welchem Umfang und unter welchen Bedingungen. Ausgehend von der Voraussetzung, daß Lignin zumindest in den distalen Abschnitten des Verdauungstraktes unverdaulich ist, versuchten wir, Lignin als Indikator für den Nahrungsabbau in diesen Kompartimenten einzusetzen.

4. MATERIAL

Die vorliegenden Untersuchungen wurden an 49 Gemen post mortem durchgeführt. Die Tiere stammten von Exkursionen des Instituts für Tierphysiologie der Universität München in den Jahren 1969 - 1972. Die cellulolytische Aktivität im Pansen konnte an 31 Gemen bestimmt werden (vgl. S. 23).

Tabelle 1

Tiermaterial

Abschußort und Untersuchungsjahr der Gemen

Monat und Jahr	Gebiet	Anzahl der Tiere
August 1969	Hochschwab	13 Gemen
August 1970	Hochschwab	7 Gemen
August 1970	Watzmannggebiet	6 Gemen
August 1971	Watzmannggebiet	13 Gemen
August 1972	Watzmannggebiet	10 Gemen

B i o t o p

a) Hochschwab:

Das Untersuchungsgebiet zählt zu den nördlichen Kalkalpen Österreichs und umfaßt ca. 2024 ha. Die Höhen liegen zwischen 877 und 2277 müM. Die höchste Erhebung ist der Hochschwabgipfel.

Das Gebirgsmassiv besteht aus Triaskalken.

Die mittlere Jahrestemperatur liegt zwischen + 6,4 °C (780 müM) und + 3,2 °C (1500 müM), die mittlere Niederschlagsmenge zwischen 833 mm (780 müM) und 1200 mm (1500 müM).

Die mittlere Sonnenscheindauer beträgt 4,2 Stunden/Tag. Die Hochlagen sind jährlich an 150 - 200 Tagen mit Schnee bedeckt.

Die Waldgrenze liegt im allgemeinen bei 1400 - 1450 müM.

Die alpine Flora ist sehr vielfältig.

Die häufigste Baumart ist die Fichte (*Picea abies*), außerdem Lärche (*Larix decidua*), Buche (*Fagus silvestris*), Birke (*Betula pendula*) und als einzige Laubholzart in höheren Lagen die Eberesche (*Sorbus aucuparia*). Ausgedehnte Latschenfelder (*Pinus mugo*) bedecken die Plateaus auch noch in 1900 müM. Über der Waldgrenze finden sich alpine Rasengesellschaften, wie Blaugras-Horstseggenhal-den (*Seslerio-semperviretum*) oder auf flachgründigen Böden Rosetten- und Polsterbildner (*Caricetum firmæ*) (SCHRÖDER 1971).

Außer Gamswild sind im Hochschwab auch Rot- und Rehwild heimisch. Im Sommer überschneiden sich die Lebensräume der drei Species teilweise. Im Winter werden in einigen Gebieten zur Vermeidung von Wildschäden durch Rotwild Wintergatter eingerichtet.

b) Berchtesgadener Alpen:

Das Untersuchungsgebiet liegt im zukünftigen Alpennationalpark und zählt ebenfalls zu den nördlichen Kalkalpen. Es umfaßt ca. 20 300 ha mit Höhen zwischen 600 und 2 713 müM.

Die höchste Erhebung ist der Watzmann.

Der Boden setzt sich aus Triaskalken zusammen.

Die Jahresmitteltemperatur beträgt + 7 °C (600 müM), die mittlere Niederschlagsmenge zwischen 1 300 mm (600 müM) und 2 300 mm (1 100 müM) und die mittlere Sonnenscheindauer 4,2 Stunden/Tag.

Die Schneedecke hält sich relativ lang:

in 1 500 müM ca. 215 Tage

in 1 700 müM ca. 230 - 245 Tage.

Die Waldgrenze (Fichte-Tannen-Buchenwald) liegt bei 1 700 müM; der Latschengürtel ist mächtig ausgebildet. Die Grasfluren mit Blaugras-Horstseggenrasen (*Seslerio-semperviretum*), Rotschwingelweide und Alpenfettweiden werden als Almen und Wirtschaftsfluren genutzt, eingesprengt sind Schlagfluren sowie subalpine und alpine Krautfluren und kleinflächige Zwergstrauchgesellschaften. Im Sommer überschneiden sich die Aufenthaltsräume des Gams-, Reh- und Rotwildes zum Teil; im Winter halten sich die drei Species jedoch getrennt auf.

5. METHODIK

Um die Zeit zwischen dem Tod des Tieres, dem Aufbrechen und der in vitro-Untersuchung möglichst kurz zu halten, mußten die Proben noch in dem Gelände, in dem die Abschüsse erfolgten, entnommen und weiterverarbeitet werden. Bei den Wildexkursionen der Jahre 1969 - 1972 geschah dies meist in hochgelegenen Alm- und Holzarbeiterhütten.

5.1 Gewichtsmessungen am Magen-Darmtrakt und Probennahme zur Bestimmung von Rohprotein, Cellulose und Lignin

Die erlegten Tiere wurden unaufgebrochen im "Feldlabor" gewogen. Anschließend erfolgte die Ermittlung des Gesamtgewichtes der Mägen sowie einzelner Magenabteilungen (Ruminoreticulum und Abomasus) und des Darmkonvoluts mit den Abschnitten Caecum und Rectum⁺ mit Ingesta sowie in entleertem Zustand. Zur Bestimmung der Trockensubstanz, des Rohproteins, Lignins und der Cellulose entnahmen wir den einzelnen Verdauungstraktabschnitten Ingestaprobe. Bis zur Analytik wurde das Material in Vakuumbeuteln tiefgefroren aufbewahrt.

5.2 Messung der Wasserstoffionenkonzentration

Nach der Wägung der einzelnen Teile des Magen-Darmtraktes wurde die Wasserstoffionenkonzentration im Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum mit einem batteriebetriebenen pH-Meter und einer Einstabmeßelektrode ermittelt.

⁺ Als Rectum bezeichnen wir den Enddarm ab Colon transversum

5.3 Trockensubstanzbestimmungen in den Ingesta

Zur Bestimmung des Wassergehaltes wurde ein aliquoter Teil der Ingesta aus dem Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum gewogen, bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und nochmals gewogen. Bis zur chemischen Analytik wurden die gemahlten Proben in Pulverflaschen aufbewahrt.

5.4 Probennahme für die in vitro-Inkubation

Für die Untersuchung der mikrobiellen Aktivität im Pansen mußte möglichst rasch manuell gut durchmischter Panseninhalt entnommen und bis zur Inkubation in Thermosgefäße verbracht werden, die auf 39 °C vorgewärmt und mit CO₂ begast waren. Nicht ausgewertet wurden Tiere, deren Panseninhalt Blutbeimengungen durch Schußverletzungen im Pansenbereich enthielten und solche, die schon länger unterkühlt oder durch Nachsuchen länger als nach drei Stunden noch nicht eröffnet waren.

5.5 In vitro-Inkubation des Panseninhaltes

Es sollte untersucht werden,

- a) wie hoch die cellulolytische Aktivität der Mikroorganismen im Pansen der Gemse bei einer 36-stündigen Inkubationsdauer ist
- b) ob Lignin im Pansen der Gemse in vitro innerhalb von 36 Stunden abgebaut wird.

Während für die Bestimmung der cellulolytischen Aktivität im Pansen von Gemen zwei verschiedene Substrate verwendet

wurden, nämlich reine Cellulose und gemahlenes Pflanzenmaterial, wurde der Ligninabbau in vitro nur mittels gemahlenem Pflanzenmaterial untersucht.

Die Gansen wurden in verschiedenen Jahren und verschiedenen Biotopen erlegt. Sie hatten somit sehr unterschiedliches Futter mit unbekanntem Cellulose- und Ligningehalt aufgenommen. Um nun die Cellulose- und Ligninabbauraten in vitro im Panseninhalt dieser Tiere besser untereinander vergleichen zu können, wurde ein einheitliches pflanzliches Substrat, in unserem Falle gemischtes Wiesenheu, gewählt. Dieses Heu hatte einen Ligningehalt von 7,6 % und einen Cellulosegehalt von 29,5 % in der Trockensubstanz.

100 g Ingesta wurden schonend mit 200 ml auf 39 °C vorgewärmtem Bicarbonatpuffer nach McDUGALL (1948) pH 6,8 - 6,9 (siehe Tabelle 2) unter CO₂-Atmosphäre im Starmix zerkleinert und anschließend durch zwei Lagen chirurgischer Gaze von Hand abgepreßt. In dieser Inkubationslösung waren noch zerkleinerte Pflanzenpartikel enthalten. Je 100 ml des so gewonnenen "Homogenates" wurden mit verschiedenem Substrat in 250 ml fassenden Zentrifugengläsern inkubiert, die sich in einem Wasserbad mit einer konstanten Temperatur von 39 °C befanden und mindestens 30 Minuten vorher mit O₂-freiem CO₂ begast waren, um Anaerobiose zu schaffen. Während der Inkubation wurden die Ansätze weiter langsam mit CO₂ durchströmt.

Die Zentrifugengläser enthielten verschiedene Substrate:

1. Ansätze mit gereinigter Cellulose:
 100 ml Inkubationslösung (Ingesta und Puffer)
 500 mg Cellulose (Solka-Floc BW-40 A, Brown & Co. New York, USA; Reinheitsgrad: 88,3 % α -Cellulose).
2. Ansätze mit gemahlenem Pflanzenmaterial:
 100 ml Inkubationslösung
 2 g gemischtes Wiesenheu (Trockensubstanz).

Tabelle 2

Standardbedingungen des "künstlichen Pansens"

Temperatur des Wasser- bades	39 °C
Anaerobe Bedingungen	O ₂ -freier, konstanter CO ₂ -Strom
O ₂ -Absorptionslösung nach DOETSCH (1952)	in g/100 ml wässriger Lösung 20 KOH 15 Na-dithionit 2 Na-anthrachinon-8-sulfonat
Puffersystem	HCO ₃ ⁻ /H ₂ CO ₃ ; H ₂ PO ₄ ⁻ /HPO ₄ ⁻⁻
Pufferlösung nach McDOUGALL (1948)	in g/1000 ml wässriger Lösung 9,8 NaHCO ₃ 9,3 Na ₂ HPO ₄ x 12 aq 0,57 KCl 0,47 NaCl 0,04 CaCl ₂ 0,12 MgSO ₄ x 7 aq
pH: 8,3 nach Begasung mit CO ₂ pH 6,8 - 6,9	

Von jedem Tier wurden zwei Gäransätze und zwei Kontrollansätze mit Cellulose und ebenso mit getrocknetem Wiesenheu hergestellt, um darin den Cellulose- und Ligninabbau festzustellen. Im Kontrollansatz wurde die mikrobielle Aktivität sofort durch Zusatz von 1 ml 10 %-iger Sublimatlösung unterbunden. Die Gäransätze wurden 36 Stunden inkubiert und dann ebenfalls mit 1 ml HgCl_2 -Lösung fixiert. Anschließend wurden die Ansätze bis zur weiteren Aufarbeitung tiefgefroren (-18°C).

Als Maß für den Cellulose- bzw. Ligninabbau wurde die nicht umgesetzte Cellulose bzw. das nicht umgesetzte Lignin bestimmt und die abgebaute Menge als Differenz zur eingesetzten Menge im Kontrollansatz berechnet.

5.6 Chemische Analysen

Die Ermittlung des Ligningehaltes erfolgte in Anlehnung an die Methode von VAN SOEST (1963), die als Routineanalyse zur Bestimmung der Faseranteile im Rauhfutter gilt. Für die speziellen Untersuchungen in den Gäransätzen wurde sie jedoch abgewandelt. Die Cellulosebestimmung wurde nach dem modifizierten Verfahren von DERIAZ (1961) durchgeführt.

5.6.1 Cellulosebestimmung in Gäransätzen mit Reinsubstrat (vgl. HENSCHEL 1967)

Kontroll- und Gäransätze, die als Substrat 500 mg Cellulose enthielten, wurden schonend aufgetaut, 20 Minuten bei 14 900 g zentrifugiert, und die überstehende Flüssigkeit dekantiert. Der Rückstand wurde mit 80 %-igem, heißem Alkohol (ca. 50 ml) gewaschen, nach Abkühlung nochmals 20 Minuten zentrifugiert, und die überstehende Flüssigkeit dekantiert, in der sich u.a. die restlichen, löslichen Kohlen-

hydrate befanden. Dieser Rückstand wurde mit 50 ml 72 %-iger H_2SO_4 in ein Becherglas überführt, gut verrührt und 24 Stunden bei Zimmertemperatur hydrolysiert. Durch die Hydrolyse wird die Cellulose in Glucose gespalten. Diese Glucose wurde mit Hilfe des Anthron-Reagenzes im Eppendorf-Photometer colorimetrisch bestimmt (Photozelle 90 r, Filter Hg 578 nm, Küvette d = 1). Der Berechnung lag eine Cellulose-Eichkurve (10 - 100 μg Cellulose/ml Ansatz) zugrunde.

5.6.2 Lignin- und Cellulosebestimmung in Gäransätzen mit gemischtem Wiesenheu

Kontroll- und Gäransätze mit 2 g gemischtem Wiesenheu als Substrat wurden schonend aufgetaut, 20 Minuten zentrifugiert und die überstehende Flüssigkeit dekantiert. Der Rückstand wurde 1 Stunde am Rückflußkühler mit einer Lösung aus 2 g CTAB (Cetyltrimethyl-ammoniumbromid) und 100 ml n- H_2SO_4 unter Zugabe von 2 ml Decalin (Decahydronaphthalin) als Antischaumlösung gekocht. CTAB als Detergens löst Fette, Proteine und Oligosaccharide. Das Gemisch wurde nach Abkühlung bei 14 900 g zentrifugiert, dekantiert, der Rückstand mit Aqua dest. extrahiert und mit 50 ml 72 %-iger H_2SO_4 24 Stunden bei Zimmertemperatur hydrolysiert. Das mit Aqua dest. verdünnte Hydrolysat wurde 20 Minuten zentrifugiert, dekantiert, und die überstehende Flüssigkeit für die Cellulosebestimmung in einem 500 ml Meßkolben gesammelt. Der Rückstand wurde mit H_2O extrahiert, über einen Goochtiiegel filtriert, das Filtrat ebenfalls in den 500 ml Meßkolben überführt und mit H_2O bis zur Marke aufgefüllt. Anschließend wurde das Filtrat durch Weißbandfilter nochmals filtriert, und darin die Cellulose mit Anthron-reagenz colorimetrisch bestimmt.

Der Goochtiiegel mit dem Rückstand (Lignin und Asche) wurde über Nacht bei 105 °C getrocknet, genau gewogen, dann bei

600 °C mindestens 3 Stunden im Muffelofen verascht und erneut gewogen. Die Differenz der beiden Wägungen stellte den Ligningehalt des Ausgangsmaterials dar.

5.6.3 Chemische Bestimmungen in den Ingesta der einzelnen Magen-Darmabschnitte

Für die Ermittlung von Lignin und Cellulose in den getrockneten, feinermahlenden Ingesta wurden die Methoden von VAN SOEST (1963) bzw. von DERIAZ (1961) direkt übernommen. Die Rohproteinbestimmung erfolgte nach dem Kjeldahl-Verfahren.

a) Ligninbestimmung

2 g genau gewogene Trockensubstanz wurden mit 100 ml CTAB-Lösung (genaue Beschreibung siehe 5.6.2) und 2 ml Decalin als Antischaumlösung 1 Stunde am Rückflußkühler gekocht. Nach Abkühlung wurde das Gemisch über 2 g gereinigtes Asbest filtriert, mit heißem Aqua dest. und nachfolgend mit Aceton zur Entpigmentierung nachgewaschen. Asbest und Rückstand wurden über Nacht bei 105 °C getrocknet. Anschließend wurde mit 100 ml 72 %-iger H_2SO_4 unter mehrmaligem Umrühren mindestens 4 Stunden bei Zimmertemperatur hydrolysiert. Dadurch geht die säurelösliche Faser, die größtenteils aus Cellulose besteht, in Lösung. Das Hydrolysat wurde mit Aqua dest. verdünnt, über 2 g gereinigtes Asbest filtriert und mit kochendem Aqua dest. bis zur Säurefreiheit nachgewaschen. Dieses Filtrat wurde für die Cellulosebestimmung in einem 1000 ml Meßkolben gesammelt. Im Filter befanden sich nur noch Lignin und säureunlösliche Mineralanteile. Asbest und Rückstand wurden über Nacht bei 105 °C getrocknet, genau gewogen, anschließend mindestens 3 Stunden im Muffelofen bei 600 °C geglüht und erneut gewogen. Aus der Differenz der beiden Wägungen ergab sich der Anteil des säureunlöslichen Lignins des Ausgangsmaterials.

b) Cellulosebestimmung

Die filtrierte Hydrolyseflüssigkeit aus der Ligninbestimmung, in einem 1000 ml Meßkolben gesammelt, wurde mit Aqua dest. bis zur Marke aufgefüllt und darin die Cellulose mit Anthron colorimetrisch bestimmt.

c) Rohproteinbestimmung

Die Bestimmung erfolgte nach der Makro-KJELDAHL-Methode.

Prinzip:

Konzentrierte, siedende H_2SO_4 zerstört in Anwesenheit von geeigneten Katalysatoren organische Substanz vollständig. Die Aminogruppen des Proteins liegen dann als $(NH_4)_2SO_4$ vor. Diese NH_4 -Ionen werden durch konzentrierte NaOH als NH_3 freigesetzt, in eine Säurevorlage überdestilliert und titrimetrisch bestimmt.

Berechnung:

Rohprotein in % der Trockensubstanz =

$$\frac{(\text{Vorlage ml n/4 } H_2SO_4 - \text{Verbrauch ml n/4 NaOH}) \times 21,88}{\text{Einwaage} \times 1000} \times 100$$

Durchführung:

Die Bestimmung erfolgte nach den "Methoden des Verbandes deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten zur Futtermitteluntersuchung, Bonn 1960".

5.7 Formeln für die Verdaulichkeitsberechnungen

a) Die Abnahme von Cellulose und Rohprotein entlang des distalen Verdauungstraktes wurde anhand von Lignin als natürlichem Indikator nach folgender Formel berechnet (VAN DYNE 1968):

$$V = 100 - \frac{I_{\text{Pansen}} \times N_{\text{Faeces}}}{I_{\text{Faeces}} \times N_{\text{Pansen}}}$$

I = Indikator
N = Gehalt an Cellulose bzw. Rohprotein

b) Die Berechnung der Gesamtverdaulichkeit der Nahrung von Gensen erfolgte unter Benutzung von Angaben über die Nahrungs-N- und die Kot-N-Konzentration (vgl. EISFELD 1975).

Da bei Gensen noch kein N-Bilanzversuch durchgeführt wurde, haben wir für die Parameter M (= metabolisches Kot-Rohprotein in g/100 g Futter) und W (= wahre Verdaulichkeit des Futterrohproteins in g/100 g Futter) die beim Rehwild ermittelten Werte eingesetzt, da sie für alle Wiederkäuer gleich erscheinen (PAQUAY et al. 1972, MORAN und VERCOCÉ 1972, beide zit. nach EISFELD 1975):

Formel:

$$V = 100 - \frac{100 M + G (100 - W)}{P}$$

G = Rohproteingehalt im Futter (in g/100 g)

P = Rohproteingehalt im Kot (in g/100 g)

V = scheinbare Verdaulichkeit der Futterrockensubstanz.

Da die tatsächliche Nahrungs-N-Konzentration der von uns untersuchten Gensen nicht bekannt war, mußten dafür Nahrungsgrößen eingesetzt werden:

1. Berechnung des Rohproteingehaltes in der natürlichen Nahrung unter Verwendung von Angaben über die Pflanzengruppen im Pansen der Gemsen:
Für 50 % Gräser, 10 % Leguminosen und 40 % Kräuter ergab sich ein Rohproteingehalt (G) von 13,5 % in der Trockensubstanz.
Die Näherungswerte der Rohproteinkonzentration in den einzelnen Pflanzengruppen wurden nach BECKER und NEHRING (Handbuch für Futtermittelkunde, Seite 47) ermittelt.
2. Analyse des Siebrückstandes als Maß für die verzehrte Pflanzenmasse. Der Panseninhalt der Gemsen wurde durch ein Sieb mit $0,5 \text{ mm}^2$ Maschenweite gewaschen. Im Rückstand ergab sich ein Rohproteingehalt (G) von 13 % in der Trockensubstanz.
3. Der Gehalt an pflanzlichem N im Panseninhalt von Gemsen wurde hier als Gesamt-N minus (mikrobielles N + lösliches N) berechnet, G = 11,1 % in der Trockensubstanz.
4. Unter Verwendung der Angaben von ONDERSCHEKA et al. (1968) über den Gehalt an Rohprotein der Nahrung von Gemsen im August in den österreichischen Alpen: G = 10,5 % in der Trockensubstanz.

Zur Berechnung der Gesamtverdaulichkeit wurden diese 4 Näherungsgrößen verwendet.

5.8 Statistische Auswertung der Ergebnisse:

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte durch Berechnung des Mittelwertes ($\bar{x}$), der Streuungen (s) sowie des Korrelationskoeffizienten nach BRAVAIS (r) (OTTO 1958). Die Prüfung der Zufallswahrscheinlichkeit der Gruppenunterschiede wurde nach dem t-Test (SACHS 1971) durchgeführt.

6. E R G E B N I S S E

6.1 Gewichtserhebungen, Bestimmungen der Trockensubstanz und pH-Messungen am Magen-Darmtrakt

Die Untersuchungen wurden an 49 Gemsen der Jahre 1969 - 1972 durchgeführt. Die Tiere waren zwischen 1 und 13 Jahre alt.

1. Die Gewichte des gesamten Magen-Darmtraktes sowie der gefüllten Mägen und des gefüllten Darmkonvoluts sind in Tab. 3 aufgeführt. Da die Gemsen ausschließlich im Sommer erlegt wurden, war das Gewichtsverhältnis der mit Ingesta gefüllten Mägen zum gefüllten Darmtrakt mit 2,1 : 1 relativ eng. Der prozentuale Anteil des gefüllten Ruminoreticulum am Magentrakt betrug 91,8 %.

Die Vormägen erreichen beim Wildwiederkäuer erst ca. 5 Monate p.p. die Kapazität adulter Tiere. Vor dieser Zeit ist das Gewichtsverhältnis der gefüllten Mägen : Darmkonvolut zugunsten des Darms verschoben; das Ruminoreticulum hat einen weit geringeren Anteil am gesamten Magentrakt, dafür ist der Abomasus stärker entwickelt. Das Gewichtsverhältnis Mägen : Darmtrakt mit Ingesta betrug beim Tier 7/69, einem Kitz, 0,5 : 1. Der Anteil des Ruminoreticulum am gefüllten Magentrakt war 53 %. Der Ruminoreticuluminhalt wog 30 g, der Abomasusinhalt 32,5 g. Der Abomasus enthielt überwiegend Milch.

2. Die Ausgangssubstanz der Ingesta im ursprünglichen Zustand (= "Ursubstanz" , UrS oder "Frischsubstanz") in g und die Trockensubstanz (TrS) sind in Tabelle 4 und Abb. 1 aufgeführt. Das Ruminoreticulum, der

wichtigste Magenabschnitt, enthielt die größte Ursubstanzmenge, nämlich 28-mal mehr als der Abomasus und ca. 20-mal mehr als das Caecum.

Auch die Trockensubstanzmenge war im Ruminoreticulum 20-mal größer als im Caecum, hingegen 45-mal größer als im Abomasus. Da im Abomasus sehr viel Flüssigkeit enthalten ist, wurde der Unterschied zwischen Ruminoreticulum und Abomasus beim Vergleich der Trockensubstanzmengen deutlicher als beim Vergleich der Ursubstanzmengen. Der Trockensubstanzgehalt in % der Frischsubstanz in Ruminoreticulum und Caecum war etwa gleich, während er im Abomasus durch den hohen Wassergehalt sehr niedrig war. Der Rectuminhalt wies einen hohen Trockensubstanzgehalt auf.

3. Die pH-Werte in Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum sind in Tab. 4 zusammengestellt. Die pH-Werte des gut durchmischten Ruminoreticuluminhaltes lagen im sauren bis neutralen Bereich (pH 4,6 - 6,9). In den Mischproben aus dem Abomasus war die Wasserstoffionenkonzentration, bedingt durch die sauren Verdauungssäfte, höher (pH 3,6 - 6,6). In Caecum und Rectum bewegten sich die Werte um den Neutralpunkt bis nach schwach alkalisch (Caecum pH 5,9 - 7,0, Rectum pH 6,4 - 8,2), die Wasserstoffionenkonzentration nahm also ab.

Um Gemsen einem "Wiederkäuertyp" ("Browser = Konzentratselektierer" oder "Grazer = Rauhfutterfresser") näher zuordnen zu können, sollten neben den Gewichtserhebungen am Verdauungstrakt und über die Beobachtungen des Äsungsverhaltens und der Nahrungszusammensetzung hinaus, auch noch die mikrobiellen Leistungen der Pansenpopulation sowie die Abauraten der Nahrung in den distalen Verdauungstraktabschnitten untersucht werden.

Tabelle 3

Durchschnittsgewichte des gesamten Magentraktes und des
Darmkonvoluts von Gansen (1969 - 1972) n = 49

	$\bar{x}$	s
Gesamtgewicht des gefüllten Verdauungstraktes in g	6638	1850
Gesamtgewicht des gefüllten Magentraktes in g	4511	1372
Gesamtgewicht des gefüllten Darmkonvoluts in g	2147	650
Verhältnis Magentrakt : Darmtrakt mit Ingesta	2,1:1	0,5
Anteil des gefüllten Rumino- reticulum am gefüllten Magentrakt in %	91,8	6,2

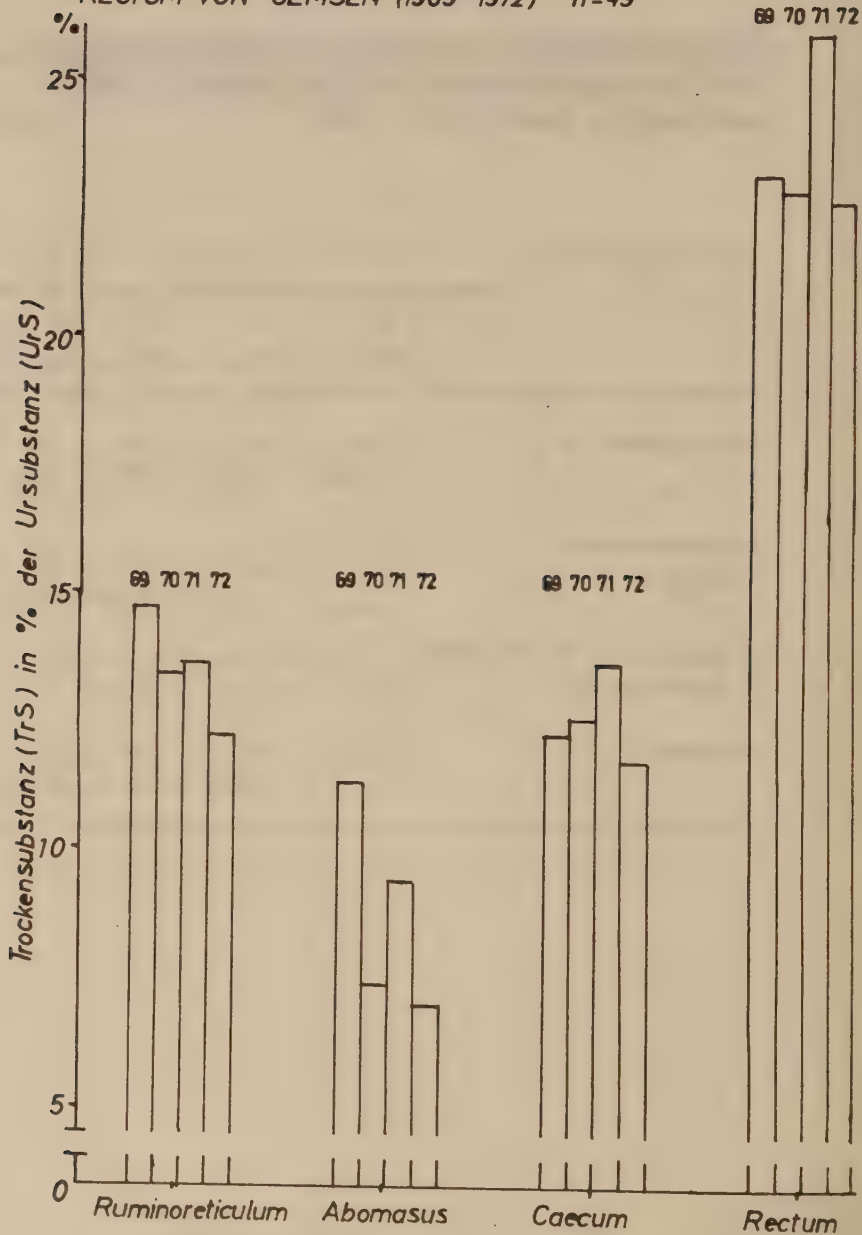
Tabelle 4

Durchschnittliche Ingestamengen (g), deren Trockenmasse (g)
bzw. Trockensubstanzgehalt in % und pH-Werte im Magen-
Darmtrakt von Gemsen (1969 - 1972) n = 49

	Ruminoreticulum	Abomasus	Caecum	Rectum
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
	(s)	(s)	(s)	(s)
Ingestamenge in g	3339	119	185	125
	(1036)	(78)	(86)	(86)
Trockensubstanz				
Menge in g	447	10	22	30
	(165)	(6)	(11)	(15)
Gehalt in % der Ingesta-				
"Ursubstanz"	14	9	13	24
pH-Werte	6,1	5,2	6,6	7,3
	(0,4)	(0,7)	(0,3)	(0,4)

Abb. 1

TROCKENSUBSTANZGEHALT DES INHALTS VON
RUMINORETICULUM, ABOMASUS, CAECUM UND
RECTUM VON GEMSEN (1969-1972) $n=49$



6.2 Cellulolytische Aktivität im Pansen

Die Celluloseabbauraten der Mikroorganismen aus dem Pansen nach 36-stündiger Inkubation gehen aus Tab. 5 a - c hervor. In Tab. 5 a wurden die Ergebnisse der Inkubation von Celluloseereinsubstrat mit grobfiltriertem Pansensaft und solchen mit im Starmix zerkleinertem, grobfiltriertem Panseninhalt (= zerkleinerter Panseninhalt) miteinander verglichen. Betrachtet man die Abbauraten in g durch die Pansenmikroorganismen aus 1 Liter Pansensaft bzw. 1 kg Panseninhalt, ergaben sich für letztere etwas höhere Werte. Dieser Unterschied wurde noch größer, wenn die Abbauraten in % der Anfangskonzentration ausgedrückt wurden. Die Differenzen waren jedoch statistisch nicht abzusichern.

In Tab. 5 b wurden die Abbauraten von Cellulose aus Ansätzen a) mit Celluloseereinsubstrat und

b) mit gemischtem Wiesenheu als Substrat verglichen. Es zeigte sich, daß die Celluloseabbaurate aus Ansätzen mit reiner Cellulose etwa um das Doppelte höher war als die aus Ansätzen mit Wiesenheu, in dem die Cellulose mit Lignin im Zellverband verknüpft ist ($p \leq 0,01$).

Das für die Inkubationen verwendete Wiesenheu enthielt 29,5 % Cellulose. Von dieser Cellulose (= 100 % gesetzt) waren nach 24 Stunden nur 28,8 % abgebaut, was den Einfluß der Lignininkrustierung verdeutlicht.

Die tägliche Celluloseumsatzrate im Ruminoreticulum betrug, unter Berücksichtigung der in vitro vorgelegten Menge, für reine Cellulose 40,3 g pro Tier, in gemischtem Wiesenheu jedoch nur 17,5 g pro Tier (Tab. 5 c).

Der Abbau von Lignin aus Heu (Tab. 5 d) in vitro war im Durchschnitt mit 4,3 g/kg Panseninhalt in 36 Stunden relativ hoch, wobei beträchtliche Streuungen auftraten. Bei einigen Tieren fand fast kein Abbau statt, bei anderen dagegen war er sehr hoch.

Eine Korrelation zwischen dem Lignin- und Celluloseabbau im Pansen war statistisch nicht abzusichern ($r = -0,29$, $n = 27$).

Tabelle 5 a

Durchschnittliche Abbauraten von Cellulosereinsubstrat durch die Pansenmikroorganismen von Gmsen im Sommer (1970 - 1972) n = 24

- 1) zerkleinerter Panseninhalt a) in g/kg Panseninhalt und
36 Stunden
b) in % der Anfangskonzentration
- 2) grobfiltrierter Pansensaft a) in g/l Pansensaft und
36 Stunden
b) in % der Anfangskonzentration

	1)		2)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
a)	18,5	4,0	17,3	3,1
b)	78,9	8,9	66,4	10,9

Tabelle 5 b

Durchschnittliche Abbauraten von Cellulose aus gemischtem Wiesenheu (1) und Cellulosereinsubstrat (2) im Panseninhalt von Gmsen im Sommer (1970 - 1972) n = 27

- a) in g/kg Panseninhalt und
36 Stunden
b) in % der Anfangskonzentration

	1)		2)	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
a)	8,5	3,5	18,2	4,2
b)	48,6	14,9	77,1	11,0

Tabelle 5 c

Durchschnittlicher Celluloseumsatz im gesamten Panseninhalt von
Gemsen im Sommer (1970 - 1972); berechnet als g/Tier und Tag

n = 27

- 1) Cellulosereinsubstrat
- 2) Cellulose in gemischtem Wiesenheu

	$\bar{x}$	s
1)	40,3	10,2
2)	17,5	2,0

Tabelle 5 d

Durchschnittlicher Abbau von Lignin in gemischtem Wiesenheu durch
die Pansenmikroorganismen von Gemsen im Sommer (1970 - 1972)n=27

- a) in g/kg Panseninhalt und 36 Stunden
- b) in % der Anfangskonzentration

	$\bar{x}$	s
a)	4,3	2,6
b)	29,0	11,8

6.3 Bestimmung des Gehaltes an Lignin, Cellulose und Rohprotein in den Ingesta entlang des Verdauungstraktes

Die Gehalte an Lignin, Cellulose und Rohprotein bezogen auf die Trockensubstanz im Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum sind in Tab. 6 a wiedergegeben (graphisch in Abb. 2, 3, 4).

1. Lignin wurde im Panseninhalt der Gensen in vitro abgebaut. Im weiteren Verlauf des Verdauungstraktes ist eventuell nur noch im Caecum ein geringgradiger Ligninabbau, verglichen mit den anderen organischen Ingestabestandteilen, zu erwarten. Der Ligningehalt in der Trockensubstanz nahm vom Ruminoreticulum zum Rectum hin im Durchschnitt aller Proben aus den 4 Jahren kontinuierlich zu.

Die untersuchten Tiere stammten aus zwei verschiedenen Biotopen. Alle Tiere des Jahres 1969 und 7 Tiere von 1970 kamen aus dem Hochschwabgebiet, die restlichen Tiere von 1970 sowie alle Tiere von 1971 und 1972 wurden im Watzmannggebiet erlegt. Der Ligningehalt in der Trockensubstanz der Tiere aus dem Hochschwabgebiet war im Ruminoreticulum gegenüber dem der Tiere aus dem Watzmannggebiet deutlich erhöht ($p \leq 0,05$). Im Ligningehalt des Abomasus zeichnete sich kein Unterschied zwischen den Tieren beider Biotope ab, im Caecum und Rectum hingegen war dieser bei den Tieren aus dem Hochschwab wieder leicht erhöht.

Wie die graphische Darstellung zeigt (Abb. 2), war die Ligninkonzentration in den Ingesta (TrS) der einzelnen Abschnitte in den Jahren 1969 und 1970 ähnlich. In beiden waren die Werte im Abomasus niedriger als im Ruminoreticulum und stiegen dann über das Caecum zum Rectum hin deutlich an ($p \leq 0,05$).

1971 nahmen die Ligninwerte vom Ruminoreticulum über Abomasus zum Caecum zu und fielen im Rectum etwas ab. Die Ligninkonzentration im Verdauungstrakt der Gensen des Jahres 1972 zeigten vom Ruminoreticulum zum Rectum hin denselben ansteigenden Verlauf wie in den Jahren 1969 und 1970, im Abomasus jedoch ergab sich ein extrem hoher Durchschnittswert von 22,6 %.

Wurden die Ligninwerte auf Ursubstanz bezogen (Tab. 6 b, Abb. 5), fielen die Werte aller 4 Jahre im Abomasus etwas ab und stiegen über das Caecum zum Rectum hin kontinuierlich an. Diese Unregelmäßigkeiten der Ligninkonzentrationen in der Trockensubstanz der Ingesta gegenüber der Ursubstanz lassen sich durch den stark differierenden Trockensubstanzgehalt erklären, der möglicherweise unter anderem durch eine sehr unterschiedliche Futterqualität bedingt sein kann.

2. Die Konzentration der Cellulose in der Trockensubstanz wurde vom Ruminoreticulum zum Rectum niedriger. Bei einzelnen Tieren (4 von 34) war ein höherer Celluloseanteil im Caecum und/oder Rectum im Verhältnis zum Ruminoreticulum oder keine Erniedrigung vom Ruminoreticulum zum Rectum hin festzustellen. Diese Differenzen könnten eventuell wiederum aus der sehr unterschiedlichen Futterqualität und den dementsprechend wechselnden Durchgangszeiten der Nahrung durch den Verdauungstrakt resultieren (Tab. 6 a, Abb. 3).

Auffallend bei den Tieren aus dem Watzmanngebiet (1970, 1971, 1972) war der in allen Verdauungstraktabschnitten etwas höhere Gehalt an Cellulose in der Trockensubstanz, der jedoch statistisch nicht abzusichern war.

Die Werte für Cellulose bezogen auf die Ursubstanz (Tab. 6 b, Abb. 5) nahmen vom Ruminoreticulum bis zum Caecum ab, im Rectum stiegen sie deutlich an ($p \leq 0,01$).

3. Verglichen mit der Cellulose war der Konzentrationsabfall für Rohprotein in der Ingestatrockensubstanz zwischen Ruminoreticulum und Rectum (Tab. 6 a, Abb. 4) bei allen Tieren deutlich zu erkennen ($p \leq 0,01$). Nach der graphischen Darstellung der Rohproteinwerte in den einzelnen Abschnitten war der Verlauf 1969 und 1972 ähnlich, bis zum Caecum absinkende Tendenz und im Rectum eine geringe Erhöhung. 1970 und 1971 stiegen die Werte im Abomasus an und fielen erst dann zum Rectum hin ab.

1970 war der Rohproteingehalt in der Trockensubstanz in allen Verdauungstraktabschnitten höher als in den anderen Jahren.

Betrachtet man die Rohproteingehalte in der Ingestatrockenmasse des gesamten Tiermaterials aus den 4 Jahren vergleichend, so zeichnete sich bei fast allen Tieren aus dem Hochschwabgebiet (1969 und 1970) im Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum eine leicht erhöhte Rohproteinkonzentration gegenüber den Gamsen aus dem Watzmanngebiet ab.

Rechnete man den Rohproteingehalt auf Ursubstanz um (Tab. 6 b, Abb. 5), so war im Rectum eine deutliche Erhöhung gegenüber Ruminoreticulum, Abomasus und Caecum erkennbar ($p \leq 0,01$).

Enthält die Nahrung viel Rohprotein und leicht vergärbare Kohlenhydrate, wie z.B. bei Gamsen im Sommer, ist die Rohproteinkonzentration im Ruminoreticulum ebenfalls hoch. Da die sommerliche Äsung zudem leichter verdaulich ist, erfolgt eine schnellere Passage durch den Verdauungstrakt, so daß die Faeces einen

entsprechend hohen Anteil an unverdaulichem Rohprotein enthalten. Die Regressionsgleichung $y = 2,96 + 0,59x$ drückt diese positive Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt im Ruminoreticulum und dem Rohproteingehalt der Faeces aus (Abb. 6). Der Korrelationskoeffizient $r = 0,54$ ($n = 49$) ist mit $p \leq 0,01$ gut gesichert.

Tabelle 6 a

Durchschnittliche Gehalte an Lignin, Cellulose, Rohprotein im Magen-Darmtrakt von Gensen (1969 - 1972); (in % der Trockensubstanz) n = 34

	Ruminoreticulum	Abomasus	Caecum	Rectum
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
	(s)	(s)	(s)	(s)
Lignin	18,7 (3,7)	19,2 (4,4)	21,9 (2,5)	22,9 (3,1)
Cellulose	18,3 (2,9)	15,4 (2,5)	15,2 (4,5)	15,4 (2,9)
Rohprotein	27,8 (3,6)	27,1 (6,0)	20,3 (4,4)	19,9 (4,0)

Tabelle 6 b

Durchschnittliche Gehalte an Lignin, Cellulose, Rohprotein im Magen-Darmtrakt von Gemsen (1969 - 1972); (in % der Ursubstanz)

n = 33

	Ruminoreticulum	Abomasus	Caecum	Rectum
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
	(s)	(s)	(s)	(s)
Lignin	2,5 (0,6)	1,6 (0,6)	2,7 (0,5)	5,4 (1,2)
Cellulose	2,5 (0,6)	1,4 (0,5)	1,9 (0,4)	3,4 (0,8)
Rohprotein	3,7 (0,6)	2,2 (0,7)	2,5 (0,7)	4,7 (1,2)

Abb. 2 GEHALT AN LIGNIN IM INHALT VON RUMINORETICULUM,
ABOMASUS, CAECUM UND RECTUM VON GEMSEN
(1969-1972) n = 34

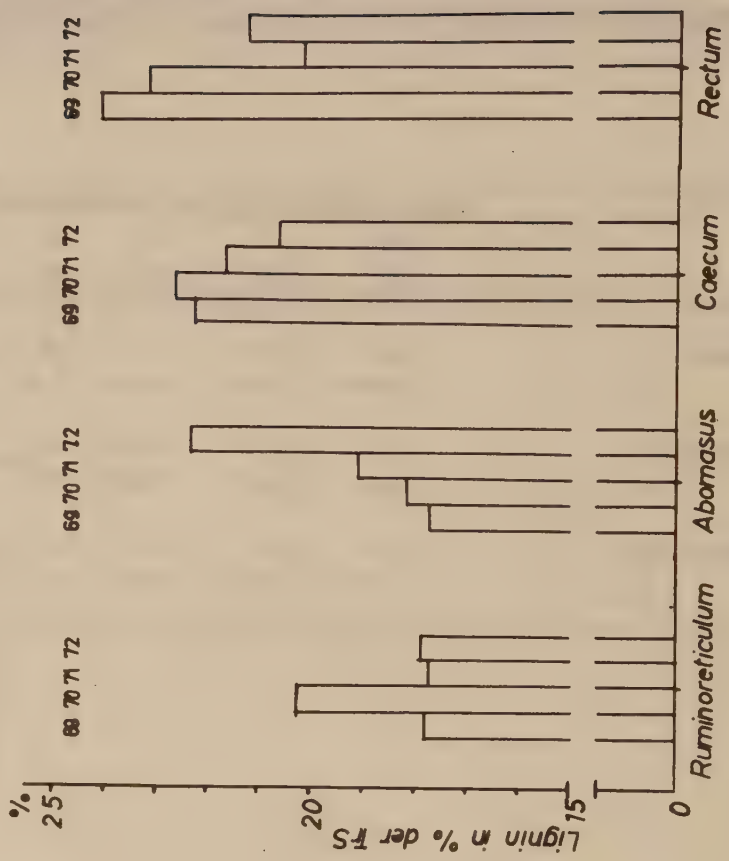


Abb. 3 GEHALT AN CELLULOSE IM INHALT VON RUMINORETICULUM,
ABOMASUS, CAECUM UND RECTUM VON GEMSEN
(1969-1972) n=34

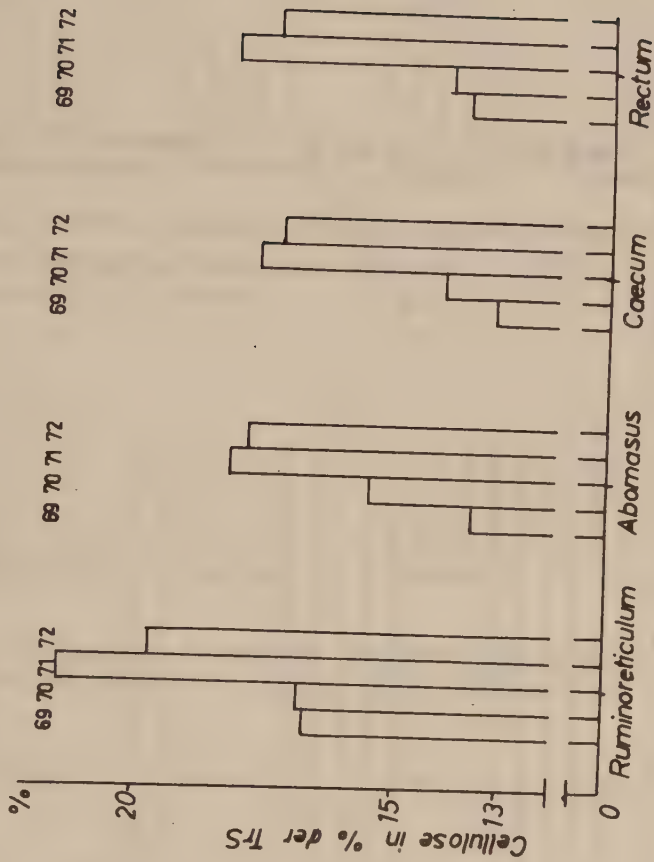


Abb. 4

GEHALT AN ROHPROTEIN IM INHALT VON
RUMINORETICULUM, ABOMASUS, CAECUM UND
RECTUM VON GEMSEN (1969-1972) $n=34$

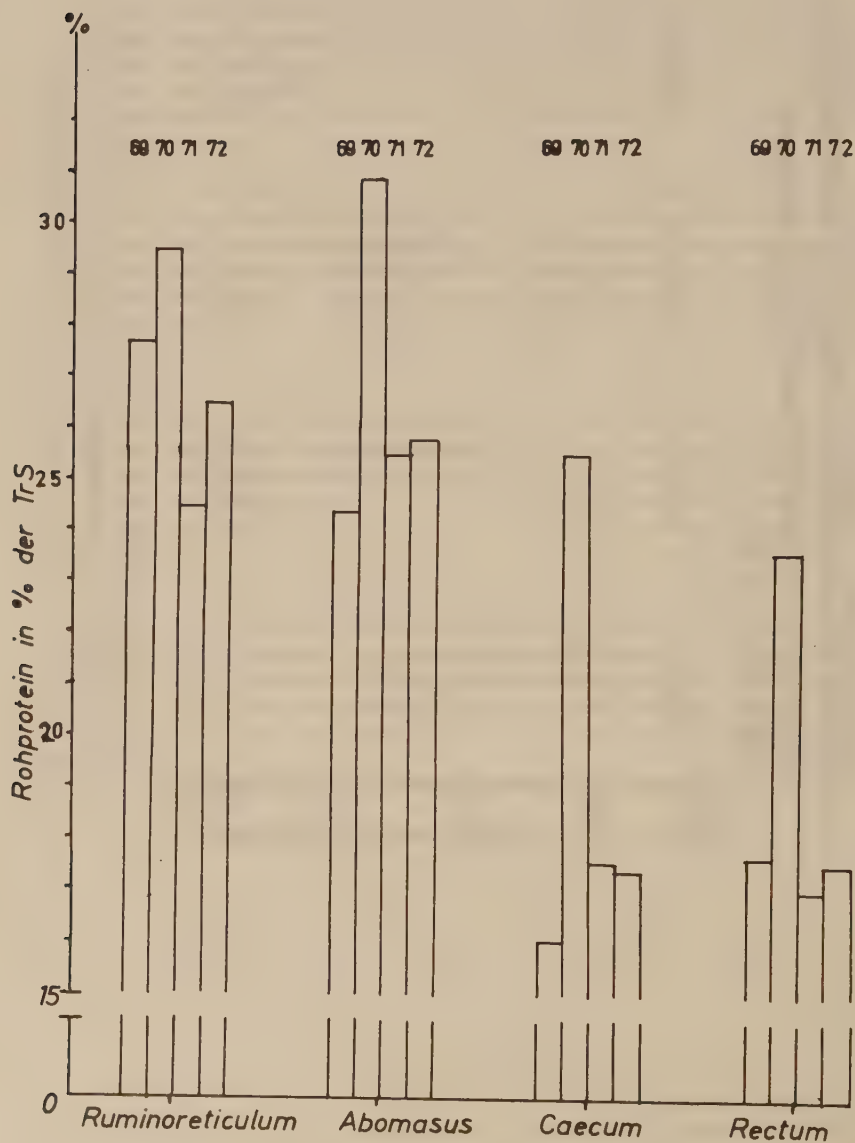
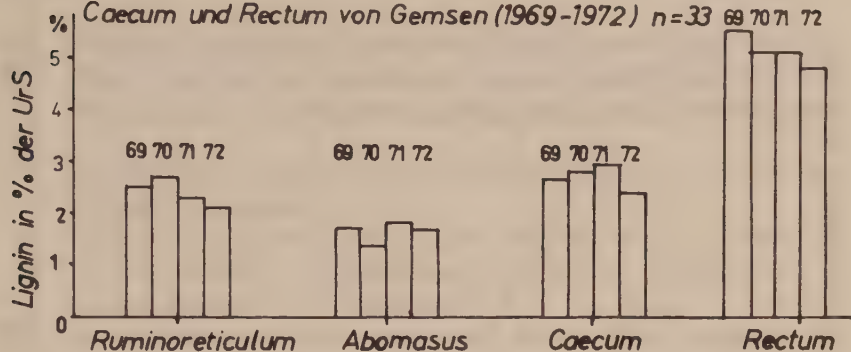
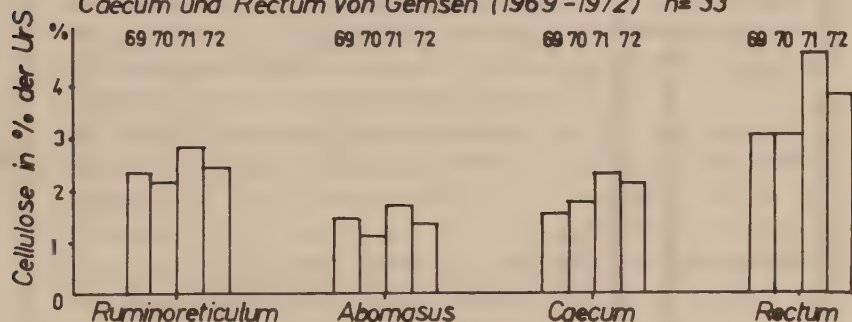


Abb. 5

Gehalt an Lignin im Inhalt von Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum von Gemsen (1969-1972) $n=33$



Gehalt an Cellulose im Inhalt von Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum von Gemsen (1969-1972) $n=33$



Gehalt an Rohprotein im Inhalt von Ruminoreticulum, Abomasus, Caecum und Rectum von Gemsen (1969-1972) $n=33$

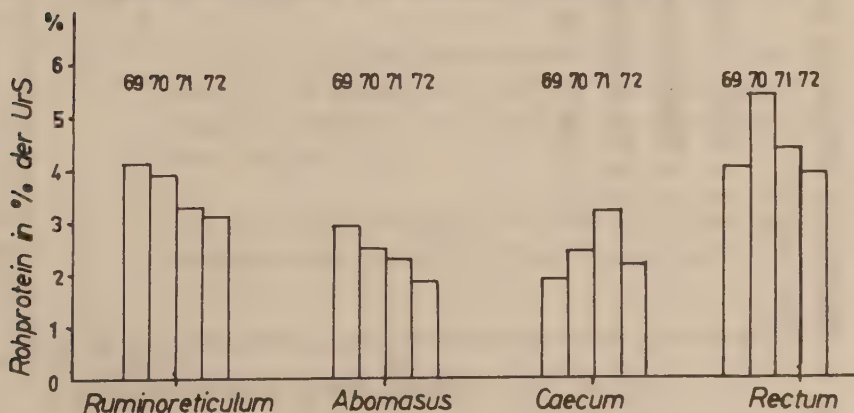
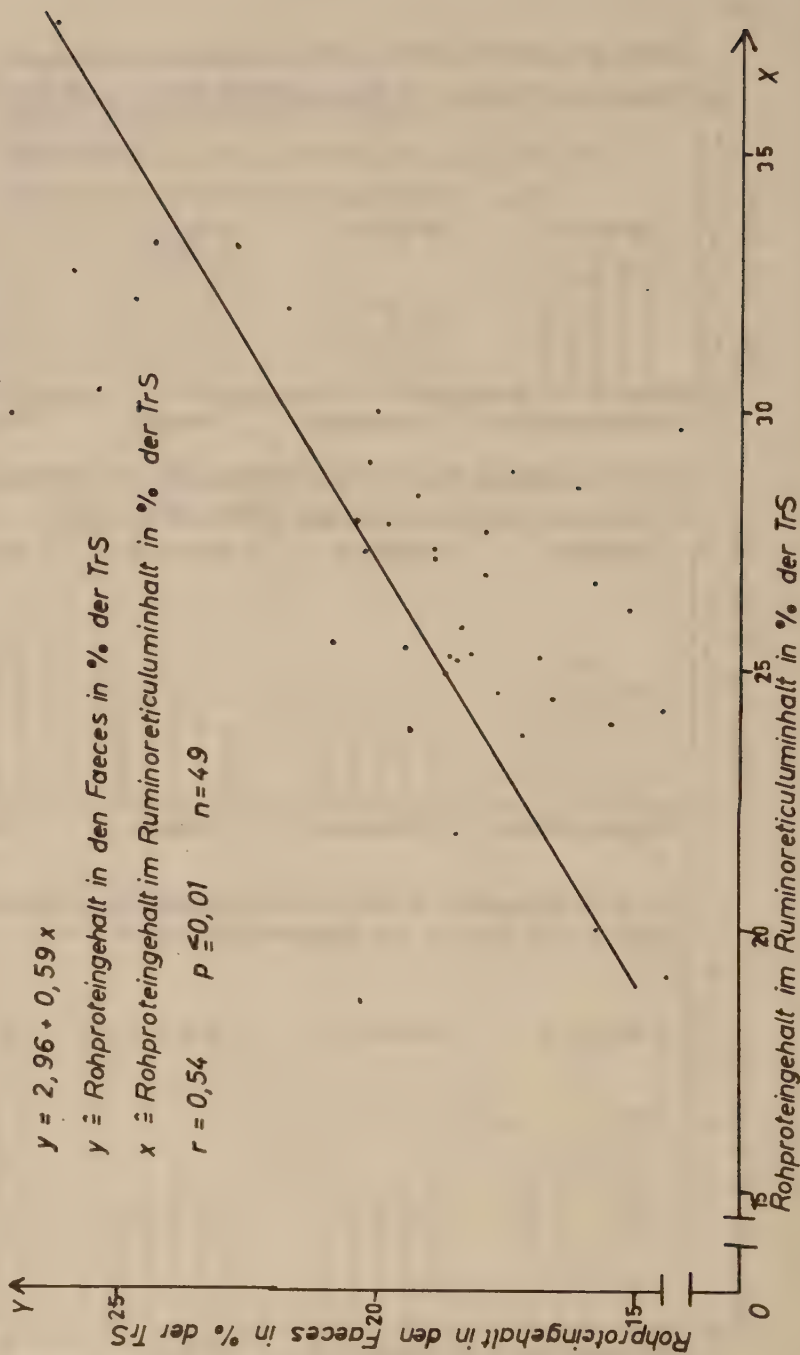


Abb. 6 BEZIEHUNG ZWISCHEN DEM ROHPROTEINGEHALT IM RUMINORETICULUMINHALT UND IN DEN FAECEES



6.4 Berechnung des Celluloseabbaus und der Konzentrationsänderung von Rohprotein in den distalen Verdauungstraktabschnitten sowie der Gesamtverdaulichkeit der Futtertrockenmasse

Sie wurden mit Hilfe von Lignin als natürlich vorkommendem Indikator bestimmt.

In Tab. 7 und Abb. 7 und 8 wurde das wechselnde Konzentrationsverhältnis von Cellulose : Lignin bzw. Rohprotein : Lignin (Lignin = 1) dargestellt.

Die Berechnungen im Durchschnitt aller 4 Jahre ergaben: Vom Ruminoreticulum zum Abomasus waren 11,2 % der Cellulose verschwunden, bis zum Caecum wurden weitere 11 % abgebaut und vom Caecum bis zum Rectum nochmals 11 %. Die Verdaulichkeit der Cellulose in diesen Abschnitten (vom Ruminoreticulum bis zum Rectum) betrug 31,3 % der in diese Verdauungstraktabschnitte einströmenden Cellulose.

Die Rohproteinkonzentration bezogen auf den Ligningehalt nahm vom Ruminoreticulum zum Abomasus nicht ab, im Caecum dagegen war die Konzentration um 40 % niedriger als im Ruminoreticulum. Vom Caecum zum Rectum fand keine Abnahme verglichen mit Lignin statt. In den distalen Abschnitten des Verdauungskanal (also ab Ruminoreticulum) war der Rohproteingehalt um 41,55 % erniedrigt.

Für die Gesamtverdaulichkeit (= V) der Nahrung von Gemsen ergaben sich folgende Werte:

1. Setzte man den Rohproteingehalt der natürlichen Nahrung von Gemsen mit $G = 13,5$ % der Trockensubstanz an (siehe S. 31), erhielt man für V einen Wert von 78,14 %.
2. Die Gesamtverdaulichkeit der Nahrung, errechnet aus dem Rohproteingehalt des Siebrückstandes, betrug 78,4 %.

3. Wurde als Nahrungs-N der Gehalt an Gesamt-N - mikrobiellem N im Panseninhalt von Genssen angenommen, so war die Gesamtverdaulichkeit der Nahrung 79,3 %.
4. Übernahm man als Nahrungs-N einen Rohproteingehalt von 10,5 % -enthalten in der Nahrungstrockensubstanz von Genssen des österreichischen Alpenraumes-, ergab sich eine Futterverdaulichkeit von 79,65 %.

Tabelle 7

Durchschnittliche Verhältnisse von Cellulose : Lignin sowie
Rohprotein : Lignin des Magen-Darmtraktes von Gensen
(1969 - 1972) n = 34
(Konzentration von Lignin als Bezugssubstanz = 1)

	Ruminoreticulum	Abomasus	Caecum	Rectum
	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
	(s)	(s)	(s)	(s)
Cellulose	0,9 (0,2)	0,8 (0,2)	0,7 (0,2)	0,6 (0,2)
Rohprotein	1,5 (0,3)	1,5 (0,5)	0,9 (0,2)	0,9 (0,2)

Abb. 7. VERHÄLTNIS VON CELLULOSE:LIGNIN IM INHALT VON
RUMINORETICULUM, ABOMASUS, CAECUM UND RECTUM
VON GEMSEN (1969 - 1972) $n = 34$ (Lignin = 1)

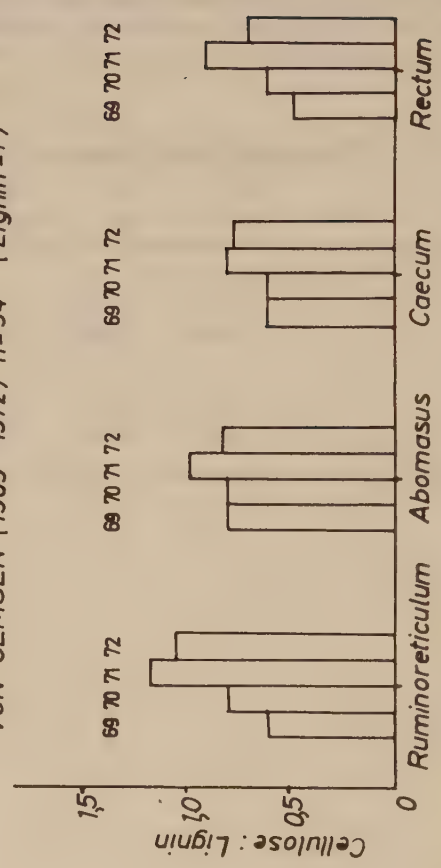
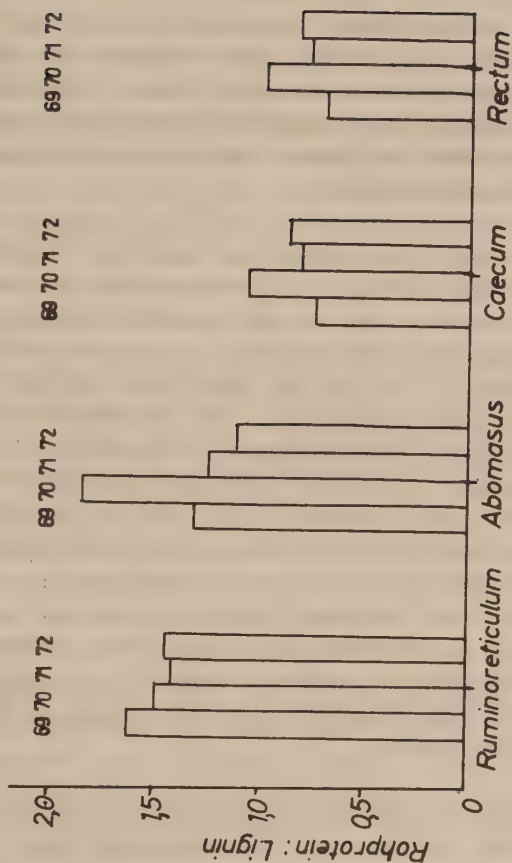


Abb. 8 VERHÄLTNIS VON ROHPROTEIN : LIGNIN IM INHALT VON
RUMINORETICULUM, ABOMASUS, CAECUM UND RECTUM
VON GEMSEN (1969 - 1972) $n=34$ (Lignin=1)



7. DISKUSSION

Da die Ernährung und Lebensweise wildlebender Wiederkäuer vielfältig, artspezifisch, jahreszeitlich und auch je nach Biotop verschieden sind, müssen diese Kriterien bei Untersuchungen an Wildtieren besondere Beachtung finden. Unter Berücksichtigung dieser Aspekte sollen die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse über den Abbau der Ingesta entlang des Magen-Darmtraktes von Gemsen diskutiert werden.

Aus den Gewichtserhebungen des gefüllten Intestinaltraktes (Tab. 3) geht hervor, daß der Magentrakt von Gemsen im Sommer 2,1-mal schwerer ist als der gesamte Darmtrakt. Vergleicht man diese Daten mit denen von Reh- und Rotwild der entsprechenden Jahreszeit (35,44, 58), so zeigt sich, daß die Gemse in dieser Hinsicht zwischen Reh- (1,6 : 1) und Rotwild (2,9 : 1) steht. Dieses relativ enge Verhältnis im Sommer kann darauf zurückgeführt werden, daß Gemsen in dieser Jahreszeit leichter verdauliche Nahrung zur Verfügung steht, die sie nutzen, um zunächst ihre Eiweißverluste und bei etwas fortgeschrittener Vegetationsperiode auch ihre Fettdepots aufzufüllen, die sie im Winterhalbjahr durch die schlechte Ernährungslage und die Brunft, im Frühjahr dazu durch Trächtigkeit aufgezehrt hatten. Im Winter weist das Verhältnis von gefüllten Mägen : Darmtrakt mit 3 : 1 auf das schlechte Nahrungsangebot hin und entspricht dann eher dem der Rauhfutterfresser.

Der Anteil des gefüllten Ruminoreticulum der Gemse am gesamten Magentrakt ist mit 91,8 % ziemlich hoch. Ihre Vormägen sind stärker gefüllt als die des Rehwildes, aber etwas weniger als die des Rotwildes (DRESCHER-KADEN 1975). Der Füllungsgrad des Pansens hängt jedoch auch sehr von der Futterqualität und der Zeit nach der Nahrungsaufnahme ab. Die in dieser Arbeit untersuchten Tiere wurden entweder beim Hinziehen zur Futteraufnahme oder kurz danach erlegt; das kann die relativ hohen Streuungen erklären.

Wie von den Hauswiederkäuern bekannt ist, hat die Futterbeschaffenheit großen Einfluß auf die Verweildauer der Nahrung im Pansen und damit auch auf die Passage durch den gesamten Verdauungstrakt (CAMPLING et al. 1961). Gensen nehmen wie Rotwild innerhalb kurzer Zeit große Mengen rohfaserreicher, grobstrukturierter Nahrung zu sich, die den Pansen relativ langsam passieren. Aus diesem Grund ist das Ruminoreticulum der Gensen und auch das des Rotwildes sehr stark ausgebildet und weist einen hohen Füllungsgrad auf. Dies wird auch durch das weite Verhältnis des Fassungsvermögens von Pansen und Caecum der Gensen verdeutlicht (17 : 1). Im Gegensatz zu diesen beiden Species nimmt das Rehwild in derselben Zeit weniger Nahrung zu sich, diese wird jedoch stark selektiert (BUBENIK 1959). Da die Nahrung feinstrukturiert, sehr proteinreich und leichter verdaulich ist (20, 35, 43, 44, 72, 92, 94), passiert sie den Pansen relativ schnell. Das Ruminoreticulum ist daher weniger stark ausgebildet, geringer gefüllt und auch das Kapazitätsverhältnis von Ruminoreticulum und Caecum mit 10 : 1 relativ eng (DRESCHER-KADEN 1975).

Angesichts der oben angeführten Kriterien sowie verschiedener anderer Daten wie z.B. der Zottenauskleidung des Ruminoreticulum und der mikrobiellen Besiedlung, die jedoch nicht Gegenstand dieser Untersuchungen waren, zählt die Gemse zum "Intermediärtyp", der im Sommer mehr zum "Konzentratselektierer" tendiert.

Der Wassergehalt der Ingesta im Ruminoreticulum ist bedingt durch

- a) die Speichelsekretion
- b) die Wasseraufnahme durch Trinken, die bei der Gemse wie auch bei den anderen Wildwiederkäuern vernachlässigt werden kann, da sie fast kein zusätzliches Wasser aufnehmen
- c) den Wassergehalt der Nahrung und
- d) den Wassertransport durch die Pansenwand.

Wird einer der 4 angeführten Punkte stärker betont, schwankt der Trockensubstanzgehalt im Ruminoreticulum. Bei den untersuchten Gensen lag er im Mittel um 14 % der Frischsubstanz. Rotwild hat einen etwas höheren Trockensubstanzgehalt im Ruminoreticulum

(HENSCHEL 1967), Rehwild dagegen einen etwas niedrigeren (FEUSTEL 1967).

Der Trockensubstanzgehalt im Abomasus ist gegenüber dem im Ruminoreticulum deutlich erniedrigt ($p \leq 0,01$), da die Magendrüsen kontinuierlich Labmagensaft sezernieren. Die beträchtlichen Streuungen des Trockensubstanzgehaltes in Ruminoreticulum und Abomasus können eventuell aus der unterschiedlichen Zusammensetzung und Strukturierung des Pflanzenmaterials und dem Verzehrsrhythmus der einzelnen Tiere resultieren.

Der Chymus wird in den distalen Verdauungstraktabschnitten durch Resorption der Nahrungsabbauprodukte und des Wassers immer mehr eingedickt, so daß der Trockensubstanzgehalt im Rectum der Gemsen durchschnittlich 24 %, maximal 29 % im Sommer beträgt.

Im Winter steigt der Trockensubstanzgehalt in allen Verdauungstraktabschnitten der Gemse wie auch des Reh- und Rotwildes (vgl. HENSCHEL 1967, FEUSTEL 1967) noch an. Im Rectum der Gemse werden dabei Werte um 30 %, maximal 40 % erreicht. Die Trockensubstanzerhöhung vom Sommer zum Winter ist auf die schlechtere Futterqualität mit fortschreitender Vegetationsperiode zurückzuführen. Die Gemen verzehren im Winter ballastreicheres Futter, das den Magen-Darmtrakt langsamer passiert als leichter verdauuliche Nahrung im Sommer. Durch die verminderte Passagegeschwindigkeit des Chymus kann den Ingesta im Darm mehr Flüssigkeit entzogen werden.

Die ermittelten pH-Werte (Tab. 4) verschieben sich bei der Gemse vom Ruminoreticulum zum Rectum vom schwach sauren zum neutralen bis schwach alkalischen Bereich. Durch größere Schwankungsbreite im Ruminoreticulum wird das vielfältige Ernährungsmuster verdeutlicht. Im Sommer liegen die pH-Werte im Ruminoreticulum um 6,1, im Winter steigen sie leicht an auf Werte um 6,6 (DRESCHER-KADEN 1975). HENSCHEL (1967) stellte bei Rotwild im Sommer einen ähnlichen pH-Wert von 6,0 fest. Die leicht erhöhte Azidität in den Sommermonaten könnte durch den etwas höheren Gehalt der Nahrung an leicht vergärbaren Kohlenhydraten und deren rasche Fermentation im Ruminoreticulum bedingt sein.

Die von uns im Abomasus der Gemse festgestellten pH-Werte von 3,6 - 6,6 sind höher als die von Hauswiederkäuern (pH 2,0 - 4,1) und auch die von Rotwild mit pH 2,7 (PRINS und GEELLEN 1971), da sie aus dem gut durchmischten Inhalt dieses Magenabschnittes ermittelt wurden. Außerdem ist nicht auszuschließen, daß durch heftige Bewegungen beim Tod des Tieres Flüssigkeit aus dem Vormagen oder Dünndarm in den Abomasus gelangen kann, so daß hier in Einzelfällen die pH-Werte höher sind als die physiologisch normalen Werte.

Das pH-Optimum für mikrobielle Gärungsprozesse, wie sie im Ruminoreticulum und in geringem Maße auch im Caecum und Colon ablaufen, wird für die Hauswiederkäuer mit 6,0 - 6,9 angegeben. Bei den untersuchten Gemen stellten wir im Caecum einen pH-Wert von durchschnittlich 6,6 fest, also einen etwas höheren Wert als im Ruminoreticulum. Dieser leichte pH-Anstieg im Caecum könnte durch ein anderes Gärungsmuster und eine eventuell geringere FFS-Konzentration in diesem Abschnitt bedingt sein. Hinweise dafür erbrachten entsprechende Messungen an Gemen (DRESCHER-KADEN, unveröffentlicht).

Da bei den untersuchten Gemen -wie bei allen freilebenden Wildwiederkäuern- weder Zusammensetzung noch Menge der Nahrung bekannt ist, wurden chemische Analysen der Panseninhaltsstoffe Rohprotein, Cellulose und Lignin durchgeführt, um wenigstens gewisse Aussagen über eine möglicherweise artgebundene Futterwahl vornehmen zu können. Die Trockensubstanz des Panseninhaltes wies bei den Gemen des Untersuchungsmonats August einen Rohproteingehalt von durchschnittlich 27,8 % auf (Tab. 6 a). Bei Rotwild desselben Biotops stellte DRESCHER-KADEN (1975) während der Sommermonate einen Rohproteingehalt im Pansen von 27,5 % fest. Da der Rohproteingehalt in den Pflanzen im Mai am höchsten ist und sich mit fortschreitender Jahreszeit verringert (11, 37, 42, 66, 73), also auch im Panseninhalt im Mai sehr hoch ist, ist der Rohproteingehalt im Pansen der Gemen dieses Biotops gemittelt aus allen Sommermonaten mit durchschnittlich 29,7 % etwas höher als

die im August festgestellten Werte. Betrachtet man Gmsen, Reh- und Rotwild im Sommer vergleichend, zeigt sich, daß Rehwild den höchsten Rohproteingehalt im Panseninhalt (23, 92), Gmsen einen etwas niedrigeren und Rotwild den geringsten der 3 Species aufweisen. Das bedeutet, daß Gmsen neben Rehwild, welches bekanntlich bevorzugt proteinreiche, leicht verdauliche Nahrung zu sich nimmt (23, 24), im Sommer die Nahrung ebenfalls stärker selektieren. In diesen Monaten steht ihnen leichter verdauliche Nahrung mit einem hohen Gehalt an fermentierbaren Energieträgern und an Rohprotein zur Verfügung, die intensive mikrobielle Syntheseleistungen zur Folge hat. Diese Tatsache spiegelt sich in einer hohen Rohproteinkonzentration im Pansen wider (HOGAN und WESTON 1970).

Außer dem Rohproteingehalt im Panseninhalt von Gmsen sind auch noch der Cellulose- und Ligningehalt -beides Bestandteile der Rohfaser der Nahrung- von Bedeutung. Die Trockensubstanz weist im Panseninhalt der untersuchten Tiere einen Cellulosegehalt von durchschnittlich 18,3 % und einen Ligningehalt von 18,7 % auf. Ein Ligningehalt in dieser Höhe ist bei Gmsen im August als normal anzusehen und entspricht ähnlichen Werten bei Rotwild im August (FEUSTEL 1967). Es fällt jedoch auf, daß der Cellulosegehalt verglichen mit der Rohfaserkonzentration im Panseninhalt anderer Gmsen aus dem Alpenraum relativ hoch ist (durchschnittlicher Rohfasergehalt im Sommer 22,3 %) (DRESCHER-KADEN 1975). Dies kann einerseits daraus resultieren, daß die Tiere aus anderen Biotopen stammen, andererseits, daß es sich beim letztgenannten Wert um den mittleren Rohfasergehalt während des ganzen Sommers handelt. Die in vorliegender Arbeit gefundenen Cellulosewerte wurden hingegen nur an Tieren des Monats August ermittelt. Bekanntlich steigt mit fortschreitender Vegetationsperiode der Lignin- und auch der Cellulosegehalt in den Pflanzen an (30, 73, 108), so daß die Gmsen gegen Ende des Sommers, also im August, viel überständiges Gras und Pflanzenteile mit einem hohen Faseranteil aufnehmen. Vergleicht man den Cellulose- und Ligningehalt im Panseninhalt von Gmsen im Sommer mit dem von Reh- und

Rotwild (FEUSTEL 1967), zeigt sich, daß der Rehwildpansen den niedrigsten Cellulose- und Ligningehalt aufweist, während er bei Gemen und Rotwild deutlich höher ist.

Diese Befunde über den Rohprotein-, Cellulose- und Ligningehalt im Panseninhalt von Gemen verdeutlichen ihre Zugehörigkeit zum Intermediärtyp.

Um Aussagen über die cellulolytische Aktivität im Ruminoreticulum von Gemen vornehmen zu können, wurden in einer Versuchsserie reine Cellulose, in einer anderen Cellulose im Zellverband -in gemischtem Wiesenheu- als Substrat verwendet (Tab. 5 a). Nach JOHNSON (1966) erscheint es für Untersuchungen über den Abbau von Gerüstkohlenhydraten von Vorteil, keinen abgepressten Pansensaft, sondern mit dem Starmix zerkleinerten, grobfiltrierten Panseninhalt zu verwenden, da die cellulolytischen Keime hauptsächlich an den Pflanzenpartikeln hängen. In den vorliegenden Untersuchungen konnte die Tendenz aufgezeigt werden, daß die Celluloseabbauraten in grobfiltriertem, zerkleinertem Panseninhalt höher sind als im Pansensaft.

Verdeutlicht wird dies auch in den täglichen Celluloseumsatzraten. Die untersuchten Gemen setzten täglich durchschnittlich 11,5 g Cellulose pro Liter Pansensaft um bzw. 12,3 g pro kg Panseninhalt. PRINS und GEELEN (1971) fanden bei Rotwild eine tägliche Celluloseumsatzrate von 9 g pro Liter Pansensaft, HENSCHEL (1967) hingegen von 14,2 g pro kg Panseninhalt.

Die fermentativen Leistungen der Pansenpopulation des Rehwildes in Bezug auf den Celluloseabbau sind sehr viel niedriger (4,5 g Cellulose/Liter Pansensaft und Tag) als die der Gemen und des Rotwildes (DRESCHER-KADEN et al. 1973).

Vergleicht man die cellulolytische Aktivität der Pansenmikroorganismen gegenüber reiner Cellulose mit dem Gehalt an Rohfaser bzw. Cellulose im Panseninhalt von Gemen, so kann festgestellt werden, daß sie -wie auch Rotwild- rohfaserreichere Nahrung zu sich nehmen als Rehwild, die sie aufgrund ihrer speziellen Pansenflora besser aufschließen können.

Der Abbau der Gerüstkohlenhydrate im Pansen kann durch verschiedene Futterkomponenten positiv oder negativ beeinflusst werden.

Leicht vergärbare Kohlenhydrate (Glucose, Rohrzucker, Stärke) können in kleinen Mengen den Celluloseabbau stimulieren, größere Mengen jedoch wirken negativ (3, 64). Der durchschnittliche Celluloseumsatz im gesamten Panseninhalt war mit 12,3 g Cellulose pro kg Ingesta am Tag relativ niedrig. Mit ein Grund für diese niedrige cellulolytische Aktivität im Pansen der Gemse im Sommer dürfte sein, daß in dieser Jahreszeit in größerem Umfang die leicht vergärbaren Kohlenhydrate, die hauptsächlich im Sommerfutter enthalten sind, im Pansen abgebaut werden. Im Winter dagegen, bedingt durch die schlechtere Nahrungsqualität mit einem höheren Rohfasergehalt, nimmt die cellulolytische Aktivität zu. BRÜGGEMANN et al. (1963) wiesen diese positive Beziehung zwischen dem steigenden Rohfasergehalt in der Nahrung und der cellulolytischen Aktivität im Pansen von Rotwild nach. Auch HENSCHHEL (1967) fand im Rotwildpansen eine Zunahme der cellulolytischen Aktivität von der Naturäsenzperiode zur Winterfütterung, ebenso FELBER (1968) bei Reh- und Rotwild. Einen negativen Einfluß auf den Celluloseabbau hat das Lignin mit fortschreitender Vegetationsperiode (1, 7, 57, 76, 90). Dies wird auch bei unseren Untersuchungen bestätigt. Beim Substrat Wiesenheu ist im Pansen der Gemse eine deutlich schlechtere Celluloseabbaurate durch die Lignininkrustierung festzustellen als bei Cellulosereinsubstrat ($p \leq 0,01$) (vgl. Tab. 5 b, d).

Dem Umfang der Celluloseverdauung in Caecum und Colon kommt weniger Bedeutung zu (2, 29, 63). BRÜGGEMANN und GIESECKE (1963) fanden in vitro eine übereinstimmende cellulolytische Aktivität im Pansen und Caecum. HENSCHHEL (1967) hingegen fand bei Rotwild im Caecum eine niedrigere Celluloseabbaurate als im Ruminoreticulum. In vivo hängt der Celluloseabbau jedoch von der Verweildauer des Futters in den einzelnen Verdauungstraktabschnitten ab. Die Passagerate weniger verdauter Ingesta aus dem Pansen steigt mit der Menge und Verdaulichkeit des Futters. Die der Verdauung im Pansen entgangenen Gerüstkohlenhydrate werden dann im Caecum von den dortigen Mikroorganismen abgebaut.

Um den Abbau der Ingesta im weiteren Verlauf des Intestinaltraktes zu verfolgen, muß in die Untersuchungen ein natürlicher Indikator -wie z.B. Lignin- einbezogen werden.

Aus diesem Grund wurde untersucht, ob Lignin im Pansen von Gemsen eine Konzentrationsänderung erfährt.

Lignin stellt morphologisch einen Stoff dar, der das Gefüge der aus Polysacchariden bestehenden Pflanzenmembran und ihre Zwischenräume ausfüllt und versteift. Lignin besteht aus einem leicht und einem schwer löslichen Anteil. Die leicht löslichen Methoxygruppen können im Verlauf des Verdauungsprozesses unter nicht näher bekannten Bedingungen abgespalten werden (6, 45). Die in vorliegender Arbeit gefundene Abbaurate des Lignins aus Wiesenheu könnte durch die Abspaltung dieser leichter löslichen Gruppe bewirkt worden sein.

BONDI und MEYER (1948) fanden ebenfalls eine Verdauung des Methoxylignins und entdeckten im Schafkot Ligninabbauprodukte. Auch PORTER und SINGLETON (1971) berichten von einer größeren Ligninverdaulichkeit. Sie untersuchten den Ligningehalt im Heu, im Dünndarminhalt und in den Faeces von Schafen mit Duodenalfisteln und stellten fest, daß Lignin durch den Verdauungsprozeß abgebaut wird und zwar findet die Demethoxylierung hauptsächlich im Pansen statt. Naheliegend ist die Vermutung, daß dies durch die Mikroflora im Pansen geschieht.

ALLINSON und OSBOURN (1970) untersuchten den Ligninabbau mittels des UV-Absorptionsspektrums und stellten fest, daß die nicht-konjugierten Phenolringe des Lignins im Pansen abgebaut wurden.

Die auch in der vorliegenden Arbeit ermittelten Ligninabbauraten im Pansen der Gämse legen den Schluß nahe, Lignin nur bedingt als Indikator bei Verdaulichkeitsuntersuchungen an Wildwiederkäuern einzusetzen. Da der Ligninabbau jedoch vorwiegend im Pansen abläuft und der Abbau im nachfolgenden Darmtrakt, speziell in Caecum und Colon, wahrscheinlich nur minimal sein dürfte, kann Faeceslignin als Verdaulichkeitsindikator der Nahrung im distalen Intestinaltrakt Anwendung finden.

Da Lignin in den distalen Verdauungstraktabschnitten nahezu unverdaulich ist, nimmt die Konzentration von Lignin zum Rectum hin deutlich zu (Tab. 6 a). Die Konzentration der Cellulose hingegen, als verdaulicher Bestandteil der Rohfaser, nimmt im Verlauf des Darmtraktes ab. Im Rectum liegen noch 15,4 % Cellulose in der Trockensubstanz vor. Somit wurden im distalen Verdauungstrakt etwa 31 % Cellulose verdaut. Ähnliche Werte wurden auch bei den Hauswiederkäuern ermittelt (GRAY 1947). FEUSTEL (1967) fand bei Rotwild sogar noch etwas höhere Abbauraten der Gerüstkohlenhydrate im distalen Verdauungskanal. Aus diesem Befund geht hervor, daß die Cellulose auch noch außerhalb des Pansens, hauptsächlich im Caecum und Colon, aufgeschlossen wird und somit für die Gemsen zusätzlich energetisch genutzt werden kann.

Auch die Rohproteinkonzentration in der Trockensubstanz nimmt im distalen Verdauungstrakt der Gemse ab. Auffallend ist jedoch bei einigen Tieren eine deutliche Rohproteinerhöhung im Abomasus. Auch BADAWY et al. (1958) stellten eine N-Erhöhung im Abomasus von Schafen fest. Dort und im ersten Drittel des Dünndarms sind neben dem einströmenden Futter-N ($<6\%$) und Mikroorganismen-N (um 94%), sowie N-haltigen Bakterienresten, auch Verdauungssäfte und eventuell abgeschiedenes Schleimhautepithel zu finden, was eine Zunahme des Gesamt-N bewirkt. Außerdem kann der N-Anstieg durch Darmparasiten, die des Öfteren auch im Labmagen zu finden sind, zustande kommen (BRÜGGEMANN et al. 1968).

Nicht zu vernachlässigen ist auch die Zeit, in der die Tiere erlegt wurden. Kurz nach der Futteraufnahme erreicht der N-Gehalt im Pansen ein Maximum (23, 52). Je größer das Zeitintervall zwischen Futteraufnahme und Probennahme ist, desto höhere N-Gehalte im Labmagen im Vergleich zum Pansen sind nachzuweisen (GRAY et al. 1958). Bei Gemen sind zwei Aktivitätsmaxima (Lokomotion, Nahrungsaufnahme, Rumination) zu erkennen und zwar ein morgendliches, das sich bis in die Vormittagsstunden erstreckt, und ein abendliches. Die von uns untersuchten Gemen wurden meist beim Hinziehen zur Äsung oder beim Wegziehen erlegt. Dies könnte die große Streuung des Rohproteingehaltes im Labmagen erklären.

Die Konzentrationsänderung des Rohproteingehaltes zwischen Abomasus und Caecum der Gensen kann nicht nur unter dem Aspekt des reinen Rohproteinabbaus der Nahrung gesehen werden. In diesem Darmabschnitt kommt zum unverdauten Futter-N, wie schon im Pansen, Mikroorganismen-N hinzu. Außerdem können abgeschilferte Mucosa und Darmparasiten den N-Gehalt der Ingesta anheben. Durch diesen zusätzlichen N können die tatsächlichen Abauraten unterbewertet werden.

Ein hoher Gehalt an Rohprotein in der Nahrung bewirkt einen ebensolchen im Pansen und damit auch einen hohen Gehalt an unverdaulichem Rohprotein im Kot (HOGAN und WESTON 1970). Auch in vorliegender Arbeit konnte diese Beziehung festgestellt werden. Sie wird durch die Regressionsgleichung $y = 2,96 + 0,59x$ ausgedrückt.

Als Indikator für die Nahrungsqualität kann der Rohproteingehalt im Pansen jedoch nur Verwendung finden, wenn die Tagesperiodik der Tiere, ihre Äsungsgewohnheiten und die unterschiedliche Nahrungsstruktur berücksichtigt werden. Dagegen ist der Rohproteingehalt im Kot nur von den jahreszeitlichen Schwankungen des Rohproteingehaltes in der Nahrung abhängig und schon aus diesem Grund besser als Indikator für die Nahrungsqualität geeignet. Wir errechneten für Gensen eine Gesamtverdaulichkeit der Nahrung von 78,9 %. Wird berücksichtigt, daß es sich dabei um orientierende Werte handelt, da die eingesetzten Parameter einige Ungenauigkeiten beinhalten, so ist anzunehmen, daß bei den untersuchten Gensen die Verdaulichkeit der Nahrung und damit das Energieangebot im Sommer der des Rehwildes (EISFELD 1975) entspricht.

Obwohl die untersuchten Gensen aus zwei verschiedenen Biotopen stammten, konnte weder im Rohprotein- noch im Cellulosegehalt in den einzelnen Verdauungstraktabschnitten ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gebieten festgestellt werden; allenfalls war der Ligningehalt im Ruminoreticulum der im Hochschwabgebiet erlegten Tiere signifikant höher. Die Ursache könnte

darin liegen, daß beide Gebiete zu den nördlichen Kalkalpen zählen, denselben Gesteinsuntergrund haben und auch eine ähnliche Flora aufweisen.

Faßt man die in dieser Arbeit ermittelten Befunde unter Einbeziehung von Literaturdaten über das Äsungsverhalten und die mikrobielle Besiedlung des Pansens der Gensen zusammen, so ergibt sich:

Die Gemse zählt wie Rotwild ernährungsmäßig zu den Mischäsern. Sie nimmt ein rohfaserreicheres Futter zu sich als z.B. Rehwild, damit geht ein stärkerer Füllungsgrad und eine höhere cellulolytische Aktivität im Ruminoreticulum einher.

Der Ruminoreticuluminhalt der Gensen weist jedoch im Sommer einen relativ hohen Rohproteingehalt auf, da ihnen leichter verdauliche Nahrung zur Verfügung steht verglichen mit der Ernährungslage im Winter. In den Sommermonaten tendiert sie eher zum Konzentratsselektierer.

Die Gewichtsverhältnisse der Ingesta im Magen-Darmtrakt sind zugunsten des Darminhaltes verschoben. Das legt den Schluß nahe, daß die Ingesta der Verdauung in diesen Abschnitten stärker ausgesetzt sind, da die leichter verdauliche Sommeräsung das Ruminoreticulum schneller passiert. Darauf weisen auch die vorliegenden Daten über die Konzentrationsänderung von Cellulose und Rohprotein gegenüber Lignin im distalen Verdauungskanal hin. Die Gemse ist jedoch in der Lage, sich gut an die veränderte, schlechtere Ernährungssituation im Winter anzupassen und tendiert in dieser Jahreszeit mehr zu den Rauhfutterfressern (hinsichtlich der funktionell-anatomischen Daten, der Zusammensetzung des Ruminoreticuluminhaltes, der mikrobiellen Besiedlung sowie der fermentativen Leistungen der Pansenmikroorganismen).

8. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit wurden neben Gewichtserhebungen am Magen-Darmtrakt von Gemsen Untersuchungen post mortem über die cellulolytische Aktivität und den Ligninabbau im Pansen angestellt sowie Studien über den Abbau der Cellulose und die Konzentrationsänderung von Rohprotein in den distalen Verdauungstraktabschnitten unter Verwendung von Lignin als natürlichem Indikator unternommen.

Für die Untersuchungen standen 49 Gemsen von Sommerexkursionen in das Hochschwab- und Watzmanngebiet in den Jahren 1969 - 1972 zur Verfügung. Es ergaben sich folgende Befunde:

1. Die gefüllten Mägen stehen zum gefüllten Darmkonvolut in einem Gewichtsverhältnis von 2,1 : 1.
Der relative Anteil des gefüllten Ruminoreticulum am gesamten Magentrakt mit Ingesta beträgt 91,8 %.
2. Der Abomasusinhalt weist einen signifikant niedrigeren Trockensubstanzgehalt auf, der Rectuminhalt einen höheren als Ruminoreticulum und Caecum ($p \leq 0,01$).
3. Die Celluloseabbaurate in Ansätzen des Panseninhaltes mit Cellulosereinsubstrat ist mehr als zweimal so hoch wie die in Ansätzen mit gemischtem Wiesenheu ($p \leq 0,01$).
4. Im Panseninhalt wurden in vitro durchschnittlich 29 % des Lignins aus Wiesenheu in 36 Stunden abgebaut.
Lignin ist also als Indikator für die Verdaulichkeit der Nahrung nur bedingt einzusetzen.
5. Der Gehalt an Cellulose und Rohprotein in der Trockensubstanz nimmt vom Ruminoreticulum zum Rectum hin ab.

6. Zwischen dem Rohproteingehalt in den Ingesta (TrS) im Ruminoreticulum und dem Rohproteingehalt im Rectum besteht eine positive Korrelation.
7. Die Gesamtverdaulichkeit der von Gensen aufgenommenen Nahrung im Sommer beträgt 78,9 %.
8. Anhand der wechselnden Konzentrationsverhältnisse von Cellulose : Lignin bzw. Rohprotein : Lignin ergibt sich in den distalen Verdauungstraktabschnitten:
 - a) für Cellulose ein Abbau von 31,3 %
 - b) für Rohprotein eine Abnahme vom Ruminoreticulum zum Rectum hin um 41,5 %.

Die Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung vergleichbarer Befunde bei Haus- und Wildwiederkäuern diskutiert.

9. SUMMARY

In this communication in addition to studies about the dimensions of the digestive system of chamois we investigated the cellulolytic activity and degradation of lignin in the rumen content in vitro. As for studying the extent of digestion in the distal parts of the digestive tract analyses were made about the changes of cellulose and crude protein content in the rumen-reticulum, abomasum, caecum, and rectum using lignin as natural indicator.

These investigations were performed on 49 chamois shot during excursions in the summer of the years 1969 - 1972 in two regions called Hochschwab and Watzmann. Following results were obtained:

1. The ratio between the weights of the filled stomachs and the filled intestines is 2,1 : 1. The relative proportion of the filled rumen-reticulum to the whole stomachs amounts to 91,8 %.
2. Dry matter content in the abomasum is significantly lower than in the other compartments as rumen-reticulum and caecum, while the rectum shows higher values ($p \leq 0,01$).
3. The cellulolytic activity of rumen microorganisms in vitro using purified cellulose as substrate is twice as high as in mixed hay samples ($p \leq 0,01$).
4. On an average 29 % of the lignin content in mixed hay are decomposed in rumen samples during 36 hours. Therefore lignin can be used as indicator for the digestibility of food only under certain conditions.
5. The cellulose- and crude protein content in dry matter of ingesta decreases from the rumen-reticulum to the rectum.

6. There is a positive correlation between the crude protein content of the ingesta (dry matter) in the rumen-reticulum and the crude protein content in the rectum.
7. The dry matter digestibility of food ingested by the chamois in summer amounts to 78,9 %.
8. Considering the varying ratios of cellulose: lignin respectively crude protein : lignin we got the following results about the extent of digestion in the distal parts of the alimentary tract:
 - a) the breakdown of cellulose amounts to 31,3 %
 - b) the decrease of crude protein from the rumen-reticulum to the rectum is about 41,5 %.

The results were discussed to comparable data about other domestic and wild ruminant species.

10. L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. Allinson, D.W., Osbourn, D.F.: The cellulose-lignin complex in forages and its relationship to forage nutritive value.
J. Agric. Sci. 74, 23 (1970)
2. Allo, A.A., J.H. Oh, W.M. Longhurst, G.E. Connolly: VFA production in the digestive systems of deer and sheep.
J. Wildl. Manage. 37, 202 (1973)
3. Arias, C., W. Burroughs, P. Gerlaugh, R.M. Bethke: The influence of different amounts and sources of energy upon in vitro urea utilization by rumen microorganisms.
J. Anim. Sci. 10, 683 (1951)
4. Badawy, A.M., R.M. Campbell, D.P. Cuthbertson, B.F. Fell, W.S. Mackie: Further studies on the changing composition of the digesta along the alimentary tract of the sheep.
 1. Total and non-protein nitrogen.
 2. Volatile fatty acids and energy relative to lignin.Brit. J. Nutr. 12, 367, 384 (1958)
5. Balch, D.D.: Use of the lignin-ratio technique for determining the extent of digestion in the reticulorumen of the cow.
Brit. J. Nutr. 11, 213 (1957)
6. Becker, M., R. Moslener: Versuche über die Analyse der pflanzlichen Gerüstsubstanzen und den Einfluß derselben auf den Nährwert von Nahrungs- und Genußmittel.
Landw.Forschg. 2, 97 (1950)

7. Becker, M., K. Nehring: Handbuch der Futtermittel, Band I, Paul Parey Verlag, Berlin-Hamburg (1965)
8. Belasco, I.J.: Comparison of urea and protein meals as nitrogen sources for rumen microorganisms: urea utilization and cellulose digestion. J. Anim. Sci. 13, 739 (1954)
9. Bentley, O.G., R.R. Johnson, S. Vanecko, C.H. Hunt: Studies on factors needed by rumen microorganisms for cellulose digestion in vitro. J. Anim. Sci. 13, 581 (1954)
10. Bentley, O.G. R.R. Johnson, T.V. Hershberger, J.H. Cline, A.L. Moxon: Cellulolytic-factor activity of certain short-chain fatty acids for rumen microorganisms in vitro. J. Nutr. 57, 389 (1955)
11. Bissel, H., H. Strong: The crude protein variations in the browse diet of California deer. Calif. Fish & Game 41, 145 (1955)
12. Blaxter, K.L.: The Energy Metabolism of Ruminants. Hutchinson, Scientific and Technical London 1962, S. 185.
13. Bondi, A., H. Meyer: In P. Porter, A.G. Singleton: The degradation of lignin and quantitative aspects of ruminant digestion. Brit. J. Nutr. 25, 3 (1971)
14. Bowden, D.M., D.C. Church: Artificial rumen investigations: 2. Correlations between in vitro and in vivo measures of digestibility and chemical components of forages. J. Dairy Sci. 45, 980 (1962)

15. Briedermann, L.: Untersuchungen über das Gamswild im Elbsandsteingebirge.
Zs.Jagdwiss. 7, 139 (1961)
16. ders.: Der gegenwärtige Stand der Rhythmusforschung bei jagdbaren Großsäugern.
Dtsch.Akad.Landw.Berlin, IV, 71 (1965)
17. Brodbeck, E.: Les chamois du Jura.
Schweiz.Naturschutz 26, 108 (1960)
18. Brüggemann, J., D. Giesecke: Vergleichende Untersuchungen über die mikrobielle Aktivität im Pansen und Caecum von Rindern.
Zs.Tierphys., Tierern., Futtermittelkde.
18, 215 (1963)
19. Brüggemann, J., D. Giesecke, K. Drepper: Die Beeinflussung von Zusammensetzung und Leistung der Pansenflora durch Verabreichung unterschiedlicher Stickstoffquellen.
Zs.Tierphys., Tierern., Futtermittelkde.
17, 162 (1962)
20. Brüggemann, J., D. Giesecke, K. Kärst: Untersuchungen am Panseninhalt von Reh- und Rotwild.
Transactions of the VI th Congress Bournemouth, 7. - 12. Oct.(1963)
21. Brüggemann, J., D. Giesecke, K. Walser-Kärst: Mikroorganismen und Fermentationsprodukte im Pansen der Gemse.
VIII Int. Congr. Game Biol.
Finnish Game Research 30, Helsinki 1967

22. Brüggemann, J., D. Giesecke, K. Walser-Kärst: Methods for studying microbial digestion in ruminants post mortem with special reference to wild species.
J. Wildl. Manage. 32, 198 (1968)
23. Brüggemann, U.: Untersuchungen über den Stickstoff-Stoffwechsel im Panseninhalt von Rot- und Reh-wild.
Diss.rer. nat. München (1967)
24. Bubenik, A.: Grundlagen der Wildernährung.
Deutscher Bauernverlag Berlin (1959)
25. Burschel, P.: Schalenwildbestände und Leistungsfähigkeit des Waldes aus der Sicht des Waldbaus.
Allg. Forstzs. 11 (1975)
26. Campling, R.C., M. Freer, C.C. Balch: Factors affecting the voluntary intake of food by cows.
3. The effect of urea on the voluntary intake of oat straw.
Brit.J.Nutr. 16, 115 (1962)
27. Caughley, G.: Dispersal rates of several ungulates introduced into New Zealand.
Nature 200, 280 (1963)
28. Cook, C.W., L.E. Harris: A comparison of the lignin ratio technique and the chromogen method of determining digestibility and forage consumption of desert range plants by sheep.
J.Anim.Sci. 10, 565 (1951)

29. Coombe, J.B., R.N.B. Kay: Passage of digesta through the intestines of the sheep. Retention times in the small and large intestine.
Brit.J.Nutr. 19, 325 (1965)
30. Crampton, E.W., L.A. Maynard: The relation of cellulose and lignin content to the nutritive value of animal feeds.
J.Nutr. 15, 383 (1938)
31. Davidson, J.: A comparative study of the pigments in microbial fractions from the sheep's rumen and in the corresponding diet.
J. Sci. Food Agri. 5, 86 (1954)
32. Deriaz, R.E.: Routine analysis of carbohydrates and lignin in herbage.
J.Sci.Food Agri. 12, 152 (1961)
33. Doetsch, R.N., R.O. Robinson, J.C. Shaw: Techniques employed in cultural investigations of the bacteriology of bovine rumen contents.
J.Anim.Sci. 11, 536 (1952)
34. Drescher-Kaden, U., D. Giesecke, K. Walser-Kärst: Verfahren zur Untersuchung mikrobieller Leistungen im Panseninhalt wildlebender Wiederkäuer post mortem.
Transactions of the XIth Int.Congr.Game Biol. Stockholm (1973)
35. Drescher-Kaden, U.: Vergleichende Untersuchungen über die Kapazität des Verdauungstraktes von Wildwiederkäuern mit unterschiedlichen Ernährungsmustern.
Vortrag v. Gesellsch.Säugetierkde.
Innsbruck 1975

36. Drescher-Kaden, U.: Persönliche Mitteilung (1975).
37. Drożdż, A., A. Osiecki: Intake and digestibility of natural feeds by Roe-deer.
Acta Theriologica, 18, 81 Białowieża (1973)
38. van Dyne, G.M. (Chap. V; S. 54 ff.) in F.B. Golley, H.K. Buechner: A practical guide of the study of the productivity of large herbivores.
Blackwell Scientific Publicat., Oxford, Edinburgh 1968
39. Eilsfeld, D.: Zusammenhänge zwischen Nahrungsqualität und Stickstoffgehalt im Panseninhalt und im Kot bei Rehen.
Transactions Int.Un.Game Biol. Lissabon 1975 (im Druck)
40. Elliot, R.C., J.H. Topps: Voluntary intake of low protein diets by sheep.
Anim.Prod. 5, 269 (1963)
41. dies.: Volatile fatty acids in the rumen of African sheep given a variety of low protein diets.
Anim.Prod. 6, 91 (1964)
42. Esser, W.: Beitrag zur Untersuchung der Äsung des Rehwildes.
Zs.Jagdwiss. 4, 1 (1958)
43. Felber, L.: Studien in vitro über die Aktivität der Mikroorganismen aus dem Pansen von Rothirsch (Cervus elaphus) und Reh (Capreolus capreolus).
Diss.med.vet. München (1968)

44. Feustel, G.: Vergleichende Untersuchungen am Verdauungs-
trakt von Rothirsch (*Cervus elaphus*) und Reh
(*Capreolus capreolus*) post mortem unter beson-
derer Berücksichtigung der Gerüstkohlenhydra-
te und des Ligningehaltes der Ingesta.
Diss.med.vet. München (1967)
45. Freudenberg, K.: Forschungen am Lignin.
Fortschritte der Chemie organ. Naturstoffe
2, 41 (1962)
46. Fuschlberger, H.: Das Gamsbuch
F.C. Mayer Verlag München (1939)
47. Fuschlberger, H., W. Nerl: Das Gamsbuch
F.C. Mayer Verlag München (1969)
48. Giesecke, D.: Vergleichende Untersuchungen über die mikro-
bielle Aktivität im Pansen und Caecum von
Rindern.
16. Tagung der Gesellschaft für Ernährungs-
physiologie der Haustiere, 24. - 26.4.1963
Gießen
49. ders.: Experimentelle Verfahren zur Untersuchung des
Pansenstoffwechsels.
Zs.Tierphysiol., Tierern., Futtermittelkde,
19, 1 (1964)
50. Giesecke, D., H.C. Henderickx: Biologie und Biochemie der
mikrobiellen Verdauung.
BLV Verlagsgesell. München, Berlin, Wien, 1973
51. Gray, F.V.: The digestion of cellulose by sheep.
The extent of cellulose digestion at successi-
ve levels of the alimentary tract.
J.Exp.Biol. 24, 15 (1947)

52. Gray, F.V., A.F. Pilgrim, R.A. Weller: The digestion of foodstuffs in the stomach of the sheep and the passage of digesta through its compartments.
1. Cellulose, pentosans and solids.
2. Nitrogenous compounds.
Brit.J.Nutr. 12, 404, 413 (1958)
53. Grzimek, B.: Grzimeks Tierleben, Bd. XIII, Säuget. 4
Kindler Verlag München (1969)
54. Hale, E.B., C.W. Duncan, C.F. Hugman
in Giesecke, D., H.C. Henderickx:
Biologie und Biochemie der mikrobiellen Verdauung (S. 135).
BLV Verlagsgesell.Mchn., Berlin, Wien, 1973
55. Head, M.J.: in Lewis, D. (p. 263):
Digestive physiology and nutrition of the ruminant.
Butterworths London (1961)
56. Hegg, B.: Analysen von Großwildkot aus dem Schweizerischen Nationalpark zur Ermittlung der Nahrungszusammensetzung
Rev.Suisse de Zool.Tome 68 n^{OS}
9 à 28, 156 (1961)
57. Heilmann, D.: Untersuchungen über den Abbau der pflanzlichen Gerüstsubstanzen durch die normale Pansenflora in vitro.
Arch.f.Tierern. 10, 113 (1967)
58. Henschel, P.: Untersuchungen am Verdauungstrakt des Rothirsches (*Cervus elaphus*) post mortem unter besonderer Berücksichtigung pflanzlicher Faser im Pansen, Caecum und Colon.
Diss.med.vet. München (1967)

59. Hofmann, A., B. Nievergelt: Jahreszeitliches Verteilungsmuster und Äsungsdruck von Alpensteinbock, Gemse, Rothirsch und Reh in einem begrenzten Gebiet im Oberengadin.
Zs.Jagdwiss. 18, 185 (1972)
60. Hofmann, R.R., G. Geiger, R. König: Vergleichend-anatomische Untersuchungen an der Vormagenschleimhaut von Rehwild (*Capreolus capreolus*) und Rotwild (*Cervus elaphus*).
In Vorbereitung 1976
61. Hogan, J.P., R.H. Weston: Quantitative aspects of microbial protein synthesis in the rumen.
Proceedings of the IIIrd Int. Sympos.
Cambridge, England, August 1969
Oriel Press (1970) Newcastle England
62. Hungate, R.E.: The rumen and its microbes.
Academic Press New York London (1966)
63. Hungate, R.E., G.D. Phillips, A. McGregor, D.P. Hungate, H.K. Buechner: Microbial fermentation in certain mammals.
Science 130, 1192 (1959)
64. Hunt, H. Chas., O.G. Bentley, T.V. Hershberger, J.H. Cline: The effect of carbohydrates and sulfur on B-vitamins synthesis, cellulose digestion, and urea utilization by rumen microorganisms in vitro.
J.Anim.Sci. 13, 570 (1954)
65. Johnson, R.R.: Techniques and procedures for in vitro and in vivo rumen studies.
J.Anim.Sci. 25, 855 (1966)

66. Klein, D.R.: Rumen contents analysis as an index to range quality.
Transact. 27th North.Am.Wildl.Nat.res.Conf.
(1962)
67. Klein, D.R., F. Schönheyder: Variation in ruminal nitrogen levels among some Cervidae.
Can.J.Zool., 48, 1437 (1970)
zit.n.Nr. 37
68. Klötzli: Qualität und Quantität der Rehäsung in Wald- und Grünlandgesellschaften des Schweizer Mittellandes.
ETH Zürich, Stiftg.Rübel, Bern (1965)
69. Knaus, W.: Das Gamswild
Paul Parey Verlag Hamburg (1960)
70. König, E.: Einfluß des Verbisses durch Gamswild auf das Höhenwachstum der Fichte.
Transact. of the Xth Congr. of the Int.Un.of Game Biol. 3. - 7.5.1971, Paris
71. Kolb, E.: Untersuchungen zum N-Stoffwechsel beim laktierenden Rind unter Verwendung von oral verabreichtem Harnstoff.
Arch.f.Tierern. 16, 273 (1966)
72. Koller, O.: Untersuchungen über den Panseninhalt des Rehwildes zum Verbiß- und Schälproblem.
St. Hubertus, Heft 10 - 12, 1 - 12 (1961)
73. Koriath, H., L. Lennerts: Einfluß von Schnittzeit und Düngung auf Pflanzenbestand, Ertrag und Gehalt an Rohprotein, Gerüstsubstanzen, sowie Ca und H_3PO_4 bei Wiesenheu.
Arch.f.Tierern. 9, 283 (1959)

74. Kotow, W.A.: zit. nach Briedermann, L. Nr. 16.
75. Langer, P.: Vergleichend-anatomische Untersuchungen am Magen der Artiodactylae.
II. Untersuchungen am Magen der Tylopoda und Ruminantia.
Gegenbauer morph.Jahrb. Leipzig, 119, 633 (1973)
76. Laube, W.: Neue Untersuchungen über den Einfluß der pflanzlichen Gerüstsubstanzen auf die Verdaulichkeit von Grünfutterstoffen
Arch.f.Tierern. 10, 99 (1960)
77. Lenkeit, W., K.H. Sieck: Veränderungen der Zellwandbestandteile (Cellulose, Pentosane, Pektine, Lignin) von Rübenblatt durch die künstliche Trocknung und ihr Einfluß auf die Stoffwechselfvorgänge, nach Versuchen an Schafen.
Arch.f.Tierern. 6, 331 (1956)
78. Lenz, J., A. Schürch: Über das Verhalten von Lignin im Verdauungstrakt des Kaninchens.
Zs.Tierphys., Tierern., Futtermittelkde., 22, 237 (1966/67)
79. Leonhard, H.: Wiedereinbürgerung der Gams im südlichen Schwarzwald.
Zs.Jagdwiss. 1, 53 (1955)
80. McDougall, E.J.: Studies on ruminant saliva.
I. The composition and output of sheep's saliva.
Biochem.J. 43, 99 (1948)

81. Mayer, H., W. Nerl: Die Äsung des Gamswildes.
Zs.Jagdwiss. 7, 93 (1961)
82. Mayer, H., A. Steinhauser: Äsungsauswahl beim Gamswild.
Allg.Forstzs. 78, 21 (1967)
83. Mautz, W.W.: Comparison of the $^{51}\text{CrCl}_3$ ratio and total
collection techniques in digestibility
studies with a wild ruminant, the white-tailed
deer.
J.Anim.Sci. 32, 5 (1971)
84. Mautz, W.W., G.A. Petrides: Food passage rate in the white-
tailed deer.
J.Wildl.Manage. 35, 723 (1971)
85. Milford, R.: in: Golley, F.B., H.K. Buechner:
A practical guide to the study of the produc-
tivity of large herbivores
(Chap. V, p. 65)
Blackwell Scientif.Publicat.Oxford, Edinburgh
(1968)
86. Mraz, K.: Zusammenhang zwischen Wildbestand und Waldge-
sellschaft. Zur Frage der Ermittlung wirt-
schaftlich tragbarer Wildbestände mit Hilfe
der Vegetationskartierung.
Biosozioologie, R. Tüxen, Den Haag (1960)
87. Nassimowitsch, A.A.: zit. nach Briedermann, L., Nr. 16.
88. Naumann, K.: Beiträge zur Kenntnis der Verdaulichkeit der
pflanzlichen Rohfaser und ihrer Bestandteile.
Zs.Tierphys., Tierern., Futtermittelkd.,
3, 193 (1940)

89. Nehring, K.: Lehrbuch der Tierernährung und Futtermittelkunde.
Neumann-Verlag, Radebeul, Berlin (1959)
90. Nehring, K., W. Laube: Untersuchung über die Zusammensetzung pflanzlicher Gerüstsubstanz in Grün- und Rohfütterstoffen und ihr Einfluß auf die Verdaulichkeit dieser Futterstoffe.
Arch.f.Tierern. 5, 177 (1955)
91. Nehring, K., H. Uhlemann: Über den Futterwert der Getreidemüllereiprodukte.
4. Mitt.: Beziehung zwischen Gehalt an Gerüstsubstanzen und Verdaulichkeit.
Arch.f.Tierern. 22, 59 (1972)
92. Ondersheka, K.: Ernährungsprobleme bei Gamswild.
Gamssymposium Okt. 1974, Oberammergau
93. Ondersheka, K., E. Kutzer, H.E. Richter: Die Räude der Gemse und ihre Bekämpfung.
II. Zusammenhänge zwischen Ernährung und Räude.
Zs.Jagdwiss. 14, 12 (1968)
94. Ondersheka, K., H. Jordan: Einfluß der Jahreszeit, des Biotops und der Äsungskonkurrenz auf die botanische Zusammensetzung des Panseninhalts beim Gams, Reh-, Muffel- und Rotwild.
Gamssymposium Okt. 1974 Oberammergau.
95. Otto, E.: Biometrie
Dtsch. Bauernverlag (1958)
96. Piatkowski, B., G. Bolduan, P. Zwierz, P. Kauffold: Untersuchungen zum Aufschluß von Getreidestroh.
2. Mitteilung
Arch.f.Tierern. 23, 435 (1973)

97. Porter, P., A.G. Singleton: The degradation of lignin and quantitative aspects of ruminant digestion.
Brit.J.Nutr. 25, 3 (1971)
98. Prins, R.A., M.J.H. Geelen: Rumen characteristics of red deer, fallow deer and roe deer.
J.Wildl.Manage. 35, 673 (1971)
99. Rogerson, A.: Diet and partial digestion in sections of the alimentary tract of the sheep.
Brit.J.Nutr. 12, 164 (1958)
100. Sachs, L.: Statistische Auswertungsmethoden 3
Springer Verlag 1971 (S. 209)
101. Salewski, A.: Zur Voraussage der Verdaulichkeit von Futterpflanzen aus der Analyse der pflanzlichen Zellwand mit Hilfe von Detergenzien.
Dissertation Hohenheim 1970
102. Salo, M.L.: Lignin studies
3. Lignin as tracer in digestibility investigations.
J.Sci.Agric.Soc.Finland 30, 97 (1958)
103. Schröder, W.: Zur Ökologie des Gamswildes.
Ergebnisse der Untersuchung einer Population im Hochschwab (Steiermark).
Dissertation Göttingen (1971)
104. Short, H.L., R.M. Blair, C.A. Segelquist: Fiber composition and forage digestibility by small ruminants.
J.Wildl.Manage. 38, 197 (1974)
105. Smith, L.W., H.K. Goering, D.R. Waldo, C.H. Gordon:
In vitro digestion rate of forage cell wall components.
J.Dairy Sci. 54, 71 (1971)

106. van Soest, P.J.: Use of detergents in the analysis of fibrous feeds.
II. A rapid method for the determination of fiber and lignin.
J. of the AOAC 46, 829 (1963)
107. van Soest, P.J.: Non-nutritive residues: A system of analysis for the replacement of crude fibre.
J. of the AOAC 49, 546 (1966)
108. Sullivan, J.T.: Cellulose and lignin in forage grasses and their digestion coefficients.
J.Anim.Sci. 14, 710 (1955)
109. ders.: Methods for the analysis of forage plants with particular reference to carbohydrate constituents.
U.S.D.A.Dept.G.R. 81 (1962)
110. Thorbeck, G.: Physiologie des Pansens
Zs.Tierphys., Tierern., Futtermittelkde.
19, 51 (1964)
111. Torgerson, O., W.H. Pfander: Cellulose digestibility and chemical composition of Missouri deer foods.
J.Wildl.Manage. 35, 221 (1971)
112. Warner, R.C., G.E. Mitchell jr., C.O. Little: Postruminal digestion of cellulose in wethers and steers.
J.Anim.Sci. 27, 161 (1968)
113. Weyer, U.: Botanische Pansenanalysen der bayerischen Gensn.
Gamssymposium Okt. 1974 Oberammergau

Nach Beendigung dieser Arbeit möchte ich Herrn Professor
DDr., Dr. h.c. mult. Johannes Brügge mann für
die freundliche Überlassung des Themas und die ausgezeichneten
Arbeitsbedingungen danken.

Mein ganz besonderer Dank gilt Frau Dr. U. Drescher -
Kaden für ihre stets gewährte Unterstützung und wissenschaftliche
Beratung.

Frau Maria Krocze k danke ich für technische Hinweise
bei der Durchführung der Analysen.

LEBENS LAUF

Am 31.10.1944 wurde ich als Tochter des Lehrers Siegfried Mettmann und seiner Ehefrau Gertrud, geb. Grupp, in Bad Mergentheim geboren. Mein Vater fiel 1944.

Von 1951 bis 1955 besuchte ich die Volksschule in Niederstetten, ab 1955 das Deutschorden-Gymnasium in Bad Mergentheim, wo ich im Frühjahr 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Im März 1966 bestand ich nach einer 2-jährigen Praktikantenzeit das pharmazeutische Vorexamen in Nürnberg. Anschließend arbeitete ich 1 Jahr als Vorexaminierte in einer Apotheke.

Im Sommersemester 1967 begann ich an der Ludwig-Maximilians-Universität München mit dem Studium der Tiermedizin, das ich im März 1972 mit dem Staatsexamen abschloß.

Ab Sommer 1970 arbeitete ich am Institut für Tierphysiologie der Universität München an vorliegender Dissertation. Durch längere Krankheitszeit nach dem Staatsexamen und Praxis-tätigkeit konnte ich die Arbeit an dieser Dissertation erst im Frühjahr 1975 wieder aufnehmen.

Seit Ende 1973 bin ich mit einem Tierarzt verheiratet.

city schnelldruck ohg, 87 Würzburg, Marcusstraße 10a